

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta stavební

Katedra konstrukcí staveb

Železobetonová konstrukce kavárny Avion v Českém Těšíně

Reinforced concrete structure of coffee house Avion in Český Těšín

Student:

Adéla Rakowská

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Pavlína Matečková, Ph.D.

Ostrava

2017

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta stavební
Katedra konstrukcí

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Adéla Rakowská**
Studijní program: N3607 Stavební inženýrství
Studijní obor: 3607T037 Konstrukce staveb
Téma: **Železobetonová konstrukce kavárny Avion v Českém Těšíně**
Reinforced concrete structure of coffee house Avion in Cesky Tesin
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Cílem diplomové práce je návrh a posouzení železobetonových nosných konstrukcí kavárny Avion v Českém Těšíně.

V rámci diplomové práce se provede v softwaru na bázi MKP model železobetonových nosných konstrukcí.

Budou vyhodnoceny vnitřní síly a nadimenzovány průřezy vodorovných, svislých a základových železobetonových konstrukcí.

Výpočet bude doplněn o výkresy tvaru a výkresy výztuže navržených železobetonových konstrukcí.

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN EN 1991 Eurokód 1: Zatížení stavebních konstrukcí.


ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí, Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.


Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Pavlína Matečková, Ph.D.**

Datum zadání: 28.02.2017

Datum odevzdání: 01.12.2017


doc. Ing. Antonín Lokaj, Ph.D.
vedoucí katedry


prof. Ing. Radim Čajka, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

Pro účely diplomové práce mi byla poskytnuta realizační projektová dokumentace městem Český Těšín.

V Ostravě dne 1. 12. 2017



.....
podpis studenta

Prohlašuji:

- byla jsem seznámena s tím že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 - školní dílo.
- беру на вѣдомі, же Высoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečné ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo - diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, же оdevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby

V Ostravě dne 1. 12. 2017

Poděkování

Chtěla bych velmi poděkovat za odborné vedení, cenné rady a čas paní Ing. Pavlíně Matečkové, Ph.D. Velice si vážím veškeré její podpory a ochoty.

Dále děkuji městu Český Těšín za poskytnutí realizační projektové dokumentace.

Velké poděkování patří mé rodině za podporu v celém mém studiu. Obrovská slova díky patří mému trpělivému manželovi, kterému tímto dnem slibuji, že domácnost беру zcela do svých rukou. V neposlední řadě bych chtěla poděkovat mé kolegyni Bc. Mikulenkové za sdílení trampot i radostí během studií.

A moc ráda bych využila tento prostor také pro poděkování všem mým vyučujícím.

Anotace

Obsahem této práce je statický výpočet železobetonové konstrukce kavárny. Zahrnuje návrh a posouzení stropních desek, průvlaků, sloupů, schodiště a základových konstrukcí dle platných norem. Navržené konstrukce jsou z betonu C 25/30 vyztužené betonářskou ocelí B 500 B. Při vypracování diplomové práce byl použit výpočetní program Scia Engineer. V rámci práce byly zhotoveny výkresy výztuží v programu AutoCad.

RAKOWSKÁ, Adéla. *Železobetonová konstrukce kavárny Avion v Českém Těšíně*. Ostrava, 2017. Diplomová práce, 107 stran. VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra konstrukcí. Vedoucí práce: Ing. Pavlína Matečková, Ph. D.

Klíčová slova

železobetonová konstrukce, stropní deska, sloup, průvlak, schodiště, výztuž, základová konstrukce, Scia Engineer, mezní stav únosnosti

Annotation

The content of this work is the structural analysis of reinforced concrete structure of coffee house. Thesis consist of design and assessment of ceiling structures, beams, columns, staircase and foundations according to valid codes. Designed structures are made of concrete C 25/30 and reinforced with steel B 500 B. For this thesis was used Scia Engineer. Also the drawings of shoring are made using AutoCad.

Keywords

reinforced concrete structure, floor slab, column, beam, stairs, reinforcement, foundations, Scia Engineer, serviceability limit state

OBSAH

Seznam použitého značení	9
1 ÚVOD	11
2 KONSTRUKČNÍ SYSTÉM OBJEKTU	16
2.1 Skutečné provedení.....	16
2.2 Uvažované změny konstrukčního systému	17
3 DESKY	18
3.1 Stropní deska nad 1.NP	18
3.1.1 Zatížení.....	19
3.1.2 Vnitřní síly	26
3.1.3 Návrh a posouzení výztuže	28
3.1.4 Konstrukční zásady	31
3.1.5 Ověření průhybu.....	34
3.2 Stropní deska nad 1.PP	37
3.2.1 Zatížení.....	37
3.2.2 Návrh a posudek.....	38
3.2.3 Konstrukční zásady	39
4 SCHODIŠTĚ.....	40
4.1 Zatížení.....	40
Vnitřní síly	42
4.2 Návrh a posudek vyztužení.....	44
4.3 Konstrukční zásady.....	46
4.4 MSP	47
4.4.1 Omezení napětí.....	47
4.4.2 Omezení trhlin	47
4.4.3 Ověření průhybu.....	47
5 STROPNÍ NOSNÍKY	50
5.1 Ohyb.....	50
5.1.1 Návrh a posudek výztuže	50
5.1.2 Konstrukční zásady	53
5.2 Smyk	55
5.2.1 Výpočet únosnosti ve smyku bez smykové výztuže.....	55
5.2.2 Výpočet únosnosti se smykovou výztuží	56
5.2.3 Konstrukční zásady pro smykovou výztuž.....	58
5.3 Mezní ohybová štíhlost	59
6 SLOUPY.....	61
6.1 Zatížení.....	62

6.2	Návrh výztuže	65
6.3	Posouzení - interakční diagram	66
6.3.1	Sloupy namáhané momentem M_y	71
6.3.2	Sloupy namáhané momentem M_z	72
6.3.3	Konstrukční zásady	73
6.4	Ověření dvouosého namáhání ohybem	74
6.5	Ověření štíhlostního kritéria	76
7	OBVODOVÁ STĚNA	79
7.1	Zatížení	80
7.2	Návrh a posudek	80
7.3	Konstrukční zásady	82
8	ZÁKLADOVÉ PÁSY	84
8.1	Základové pásy pod stěnami	85
8.1.1	Zatížení	85
8.1.2	Příčná výztuž	86
8.1.2.1	Konstrukční zásady	87
8.1.3	Podélná výztuž	90
8.1.3.1	Konstrukční zásady	91
8.1.4	Smyková výztuž	92
8.1.4.1	Konstrukční zásady pro smykovou výztuž	93
8.2	Základové pásy pod sloupy	94
8.2.1	Zatížení	94
8.2.2	Příčná výztuž	95
8.2.3	Podélná výztuž	96
8.2.3.1	Konstrukční zásady	97
8.2.4	Smyková výztuž	98
8.2.4.1	Konstrukční zásady pro smykovou výztuž	99
9	PILOTY	100
9.1	Zatížení	100
9.1.1	Piloty pod sloupy	100
9.1.2	Piloty pod stěnami	102
9.2	Návrh a posouzení	102
9.3	Konstrukční zásady	104
10	ZÁVĚR	105
	ZDROJE	106
	PŘÍLOHY	107

Seznam použitého značení

Velká písmena latinské abecedy

A_c	průřezová plocha betonu
$A_{s,req}$	požadovaná plocha výztuže
$A_{s,max}$	maximální plocha výztuže
$A_{s,min}$	minimální plocha výztuže
$A_{s,prov}$	skutečná plocha výztuže
A_s	plocha výztuže
A_{sl}	plocha tahové výztuže zasahující do podpory
A_{sw}	plocha výztuže třmínku
C_e	součinitel expozice
C_t	tepelný součinitel
F_s	síla ve výztuži
I	moment setrvačnosti
I_v	intenzita turbulence
K	součinitel zohledňující typ nosného systému
L	délka
$M_{01,2}$	koncový moment prvního řádu
$M_{Ed,max}$	návrhová hodnota momentu
M_{Rd}	moment únosnosti
$N_{Ed,max}$	návrhová normálová síla
N_{Rd}	normálová únosnost
V_{Ed}	návrhová posouvající síla
$V_{Rd,c}$	návrhová únosnost ve smyku bez smykové výztuže
$V_{Rd,s}$	posouvající síla, kterou přeneseme smyková výztuž na mezi kluzu

Malá písmena latinské abecedy

b	šířka
c_0	součinitel ortografie
c_{dev}	toleranční zvětšení
c_{dir}	součinitel směru větru
$c_{min,sw}$	minimální krycí vrstva třmínků
c_{min}	minimální krycí vrstva hlavní výztuže
c_{nom}	jmenovitá hodnota tloušťky betonové krycí vrstvy
c_{pe}	součinitel vnějšího tlaku
c_{pi}	součinitel vnitřního tlaku
c_r	součinitel drsnosti
c_{season}	součinitel ročního období
d	účinná výška průřezu
f_{cd}	návrhová pevnost betonu v tlaku
f_{ck}	charakteristická pevnost betonu v tlaku
$f_{ctk0,05}$	charakteristická pevnost betonu v tahu (5% kvantil)
f_{ctm}	pevnost betonu v tahu
f_{yd}	návrhová pevnost oceli v tahu na mezi kluzu
f_{yk}	charakteristická pevnost oceli v tahu na mezi kluzu
g_d	návrhová hodnota rovnoměrného spojitého stálého zatížení
g_k	charakteristická hodnota rovnoměrného spojitého stálého zatížení
h	výška
i	poloměr setrvačnosti betonového průřezu bez trhlín
$k_1\sigma_{cp}$	příznivý vliv normálové síly

k_1	.....	součinitel turbulence
k_r	.....	součinitel terénu
l	.....	délka
l_0	.....	účinná délka
$l_{bd,min}$	.....	minimální kotevní délka
$l_{bd,rqd}$	.....	požadovaná kotevní délka
l_{bd}	.....	kotevní délka
n	.....	poměrná normálová síla
q_b	.....	základní tlak větru
q_d	.....	návrhová hodnota rovnoměrného spojitého nahodilého zatížení
q_k	.....	charakteristická hodnota rovnoměrného spojitého nahodilého zatížení
r_m	.....	poměr momentů
s	.....	osová vzdálenost výztuže
s_k	.....	charakteristická hodnota zatížení sněhem
$v_{b,0}$	.....	výchozí základní rychlost větru
v_b	.....	základní rychlost větru
v_m	.....	střední rychlost větru
w_k	.....	výsledná hodnota tlaku větru
x	.....	výška tlačené oblasti
x_{bal}	.....	výška tlačené oblasti při dosažení meze kluzu v tažené výztuži
z_0	.....	parametr drsnosti terénu
z_e	.....	referenční výška
z_{min}	.....	minimální výška

Písmena řecké abecedy

α_1	.....	vliv tvaru prutu za předpokladu odpovídající krycí vrstvy betonu
α_2	.....	vliv minimální betonové krycí vrstvy
α_3	.....	vliv ovinutí příčnou výztuží
α_4	.....	vliv jednoho nebo více příčně přivařených prutů
α_5	.....	vliv tlaku kolmého na rovinu odštěpování betonu
γ_g	.....	součinitel stálého zatížení
γ_M	.....	součinitel spolehlivosti materiálu
δ	.....	průhyb
δ_{lim}	.....	limitní průhyb
ε_{cu}	.....	poměrné přetvoření betonu
ε_{s1}	.....	poměrné přetvoření výztuže
ε_{yd}	.....	poměrné přetvoření oceli
ξ	.....	součinitel poměrných přetvoření
η	.....	součinitel pevnosti betonu
η_1	.....	součinitel vyjadřující kvalitu podmínek v soudržnosti a poloze prutu
η_2	.....	součinitel zohledňující vliv průměru prutu
λ_{lim}	.....	mezí poměr rozpětí k účinné výšce
μ_1	.....	tvarový součinitel zatížení větrem
ρ	.....	stupeň vyztužení / hustota vzduchu
ρ'	.....	požadovaný stupeň vyztužení tlakovou výztuží
ρ_0	.....	referenční stupeň vyztužení
σ_s	.....	napětí ve výztuži
ϕ	.....	průměr výztuže

1 ÚVOD

Předmětem mé práce je statický posudek kavárny Avion v Českém Těšíně. V první části mé práce popisuji konstrukční systém stavby a jeho drobné úpravy pro výpočet. V hlavní části mé práce jsou zpracovány návrhy a posudky jednotlivých řešených konstrukcí dle platných norem. Součástí výpočtů je také ověření konstrukčních zásad.

Mým cílem bude navrhnout a posoudit nosnou železobetonovou konstrukci budovy. Budu zpracovávat návrh a posudek svislé nosné konstrukce, plošné konstrukce stropů a konstrukce schodiště.

Obrázek 1.1 Uliční pohled na kavárnu.



Obrázek 1.2 Pohled na řešený objekt od Masarykových sadů.

Kavárna mne zaujala na první pohled a myslím, že stejně tak pozitivně působí na všechny návštěvníky a kolemjdoucí. Má své kouzlo za jakéhokoliv počasí. Slunečný den je ještě krásnější, když se člověk na chvíli posadí s osvěžujícím nápojem na střešní terase, odkud je nádherný výhled na řeku Olši a hraniční most mezi Těšínem. Najednou máte pocit, že jste trochu unikli každodennímu shonu a sledujete jak si lidé užívají volného přechodu mezi Českým Těšínem a polským Cieszynem. A že tady bývá pořádně živo! Naopak při sychravém počasí je velice příjemné usadit se do tepla kavárny a při šálku kávy se začíst nebo jen tak listovat knihami, které jsou všude přítomné. Kavárna je totiž také čítárnou a malou pobočkou Městské knihovny.

Jedná se také o prostor, kde probíhají různorodé koncerty, přednášky, vystoupení a další kulturní akce. Velice často se zde mísí kultura a jazyk Čechů a Poláků. Jedná se sice o malý objekt, avšak s velkým významem a zajímavou historií. Stavba je poutavá z více hledisek, nejen z toho stavbařského, a proto bych ráda věnovala úvodní stránky popisu z pohledu historického.

Místo, na kterém dnes kavárna stojí se již odpradáвна nazývalo Osmek. Nacházelo se na předměstí Těšína a tudíž i zde platilo mílové právo - tedy zákaz prodeje piva a vína v okruhu jedné míle od hranic města. Avšak v druhé polovině 17. století vlastnili těšínské knížectví Habsburkové a tomuto místu bylo uděleno privilegium. V roce 1659 zde byla vybudována první krčma a od té doby zde bylo vždy nějaké pohostinství a nocleh pro ty, kteří přicházeli nebo přijížděli na koních do města. V průběhu let se majitelé střídali, dokonce se původní krčma musela zbourat a postavit o pár metrů dál, protože zasahovala do nové trasy příjezdové cesty k mostu.

Ke konci 19. století se majiteli hospody Na Osmeku stali manželé Wiesnerovi, s nimiž je spjata největší sláva tohoto místa. Pan Wiesner objekt zrekonstruoval, ale bohužel několik let na to zemřel. Jeho paní byla ale ženou činu a nezanechala podnikání ani když hostinec vyhořel. Ještě tentýž rok předložila městu plány na nový hotel. Roku 1906 vznikl hotel National, který nebylo možné přehlédnout.

Sláva a prosperita hotelu však neměla dlouhé trvání. Nastala válka a následovalo rozdělení města na dvě části. V roce 1920 vznikla z města Těšín města dvě - Český Těšín a Cieszyn, jejichž hranice dodnes probíhá osou koryta řeky Olše. Změna přišla ze dne na den - dokonce údajně jistý pán Kohn nocoval na mostě, jelikož jej nechtěli pustit ani do jednoho města. Lidé se následující den vzbudili a zjistili, že stojí na opačné straně řeky. Doslova na druhém břehu měli rodiny, práci nebo například pole. V několika zdrojích je tato situace nazývána jako malý pohraniční Babylon. Mnoho z nich muselo překračovat hranici denně. Stávalo se běžně, že kromě dokladů předkládali ke kontrole také svačiny - zda nemají v pečivu zapečené něco cenného. Přecházet hraniční most nebylo nic příjemného a nikdo se na něm nezastavoval - hned by to vzbudilo pozornost celníků. Jediná osoba, kterou bylo možné na mostě vídat bez známek nějakého strachu byla neodmyslitelná postava Těšína - Bláznivá Markéta. Nepřítomně zametala s úsměvem na rtech a prozpěvovala si.

Život po válce se jen pomalu vracel do normálu. Historická část města a s ním také významné instituce zůstaly na polském břehu. Narychlo se musela vytvořit občanská vybavenost na české straně. Avšak hospod a výčepů se v Českém Těšíně tou dobou nacházelo již dost. Paní Rosalie Wiesnerová ani v pokročilém věku nepostrádala svého podnikatelského ducha a rozhodla se vybudovat stavbu, která se bude odlišovat od ostatních. Vznikla tak netradiční funkcionalistická budova, kterou navrhl slovenský Ing. arch. Michal Maxmilián Sheer. Paní Wiesnerová našla tzv. „díru na trhu" a vytvořila kavárnu a cukrárnu se střešní terasou, kde se také pořádaly taneční a kulturní akce. Nad dveřmi byl nápis Avion Kavárna v češtině, polštině a němčině, což doslova vybízelo k tomu, aby se zde tyto kultury setkávaly na

tomto důležitém uzlu. Velice rychle si ji obyvatelé obou měst oblíbili. Byla však nejen místem odpočinku, ale často i obchodů. Ne zřídka se v kavárně domlouvaly černé obchody. Z bezpečí kavárny se poté dalo dobře pozorovat jak se podplaceným lidem daří pašovat zboží přes celní kontrolu.



Obrázek 1.3 Dobová fotografie kavárny paní Wiesnerové.

Bohužel ani sláva Avionu netrvala nijak dlouho - v roce 1939 polská armáda odpálila hraniční most, když ustupovala před Němci. Prosklené průčelí kavárny a nejspíš i konstrukce byly výbuchem poškozeny. Později byla rozebrána a na jejím místě byla vytyčena příjezdová cesta k řece, tak jak ji dnes vidíme. Takový byl smutný konec populární kavárny a ještě tragičtější osud paní Wiesnerové, která jako židovka neunikla koncentračnímu táboru, kde byla otrávena cyklonem B. [6]

Těšínské divadlo je jediné v republice, jenž má dvě scény - českou a polskou. V roce 1996 vznikla v Těšínském divadle myšlenka pořádání česko-polských kulturních večerů. Vedení divadla pověřilo básnířku Renatu Putzlacher a zpěváka a textaře Jaroslava Nohavicu přípravou literárně - hudebního večera. Tak vznikl pořad *V kavárně Avion, která není*. [7] Nebylo potřeba ani reklamních plakátů - velice rychle se o těchto večerech dozvědělo celé Těšínsko. Představení se hrála jednou měsíčně a v poměrně malém sálu, o kapacitě 70 míst se většinou vměstnalo přes 100 lidí. Místní si zde velmi rádi připomínali dobu, kdy se čeština běžně mísila s polštinou. Tato aktivita zejména paní Putzlacher postupně vedla nejen místní k myšlence obnovit budovu kavárny Avion z meziválečných let. A tak v letech 2009 - 2010 vznikala nynější budova. Jelikož již neexistuje hotel National a mírně se změnila i poloha

hraničního mostu, není nová kavárna zcela na původním místě. Avšak po vizuální stránce exteriéru i interiéru není o podobnosti pochyb.

Když se tato kavárna v roce 2010 otvírala, nemohla být nazvána Avion, protože byl tento název již obsazen. Oficiálně je tedy nazvána jako NOIVA a nápis umístěn na skleněných výlohách, který zevnitř možno číst jako AVION. Ačkoliv je tento objekt poměrně malý, je jeho interiér uspořádán s pečlivostí tak, že zde nalezneme vše, co se s historií tohoto místa pojí. Hned naproti vstupním dveřím je zeď popsaná citáty a podpisy významných osob Těšínska. Dokola podél obrovských oken jsou umístěné boxy. Každý box je věnován nějaké postavě - Bláznivé Markétě, těšínskému vodníku, poslednímu celníkovi a pašerákovi Mrówkovi a paní Wiesnerové. V jednotlivých boxech najdete na stole verš a u okna sošku. V boxu paní Wiesnerové se nachází její židovský svícen. V zadní části kavárny se nachází koutek starého muže - o němž zpívá Jarek Nohavica ve své písni. Zde je originální dobový nábytek jako odkaz na těšínskou pobočku významné firmy ohýbaného nábytku J. a J. Kohn. Na zdech visí portréty umělců či vzdělců, jenž zde žili nebo zde zanechali své stopy. Historie z této budovy naprosto číší a dere se ven - vedle vstupu je o fasádu opřeno koště Markéty. Interiérem navíc pochází linie, znázorňující tehdejší obrys Avionu. Táhne se podlahou a prochází obvodovou zdí až k současnému mostu. V těchto místech je v dlažbě osazena i památní deska paní Wiesnerové.

Obrázek 1.4 Půdorysná stopa tehdejší kavárny, jež prochází interiérem v podlaze, dále přes obvodovou zeď a je promítnutá také v exteriéru.



Obrázek 1.5 Koutek starého muže.

Obrázek 1.6 Památní deska na paní Wiesnerovou
v dlažbě ze žulových kostek před vstupem.



Obrázek 1.7 Židovský svícen paní Wiesnerové.

Myslím si, že tento projekt je velmi vydařený a dotažený do posledního detailu. Proto pokud někdy náhodou zamíří Vaše kroky do Těšína, najdete si chvílku na šálek dobré kávy, kde na Vás jistě dýchne netradiční atmosféra klidného místa s bouřlivou historií.



Obrázek 1.8 Foto interiéru kavárny s výhledem na hraniční most.

2 KONSTRUKČNÍ SYSTÉM OBJEKTU

Řešený objekt je menšího rozsahu, postaven v letech 2009 až 2010. Maximální rozměry jsou 13,5 x 14,5 m. Dalo by se říct, že půdorys objektu je složen z obdélníkové a půlkruhové části. Půlkruhová část je směřována k ulici Hlavní třída - odtud se terén svažuje od mostu podél řeky k zadní, obdélníkové části, situované k Masarykovým sadům. Z ulice se nachází hlavní vstup - do kavárny, z Masarykových sadů jsou vstupy na veřejné WC. Přední půlkruhová část je pouze jednopodlažní, zadní část má podlaží dvě mírně mimo úroveň podlahy kavárny - zde se nachází sociální zařízení. Nad celým objektem se nachází pochozí terasa se zimní zahradou. Tato stavba je propojena spojovacím krčkem s vedlejším objektem, kde je situováno technické zázemí kuchyně.

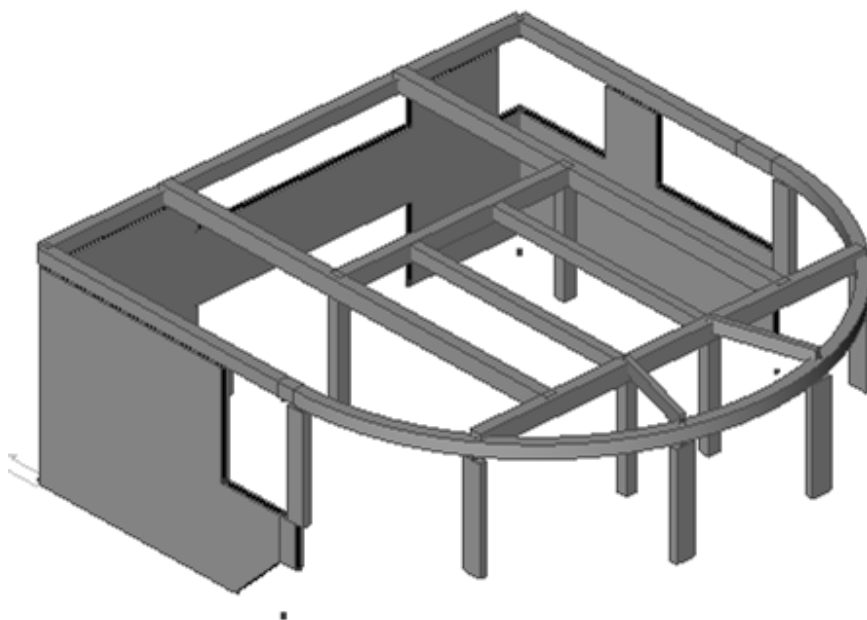
2.1 Skutečné provedení

Objekt je založen na základových pásech a pilotách. Piloty jsou situovány nejen pod sloupy, ale také pod stěnami. Mezi základovými pásy je pouze podkladní deska. Nosný systém zadní části je tvořen zdmi z keramických prvků, v půlkruhové části betonovými sloupy po obvodu mezi okny. Stropní deska nad kavárnou je po obvodu podepřena mohutným půlkruhovým průvlakem a je vytužena válcovanými profily HEB, které jsou schovány v desce. Tyto výztužné prvky přenášejí síly do vnitřních i obvodových sloupů. Stropní desky jsou tvořeny z betonu C 25/30. Objektem vede železobetonové schodiště, obložené masivním dřevem. Je tvořeno dvěma přímými rameny s mezipodestou podepřenou částečně zdí. Schody vedou do zimní zahrady, která je zastřešena ocelovou konstrukcí. Ocelové sloupy různých průřezů nesou konstrukci střechy - ta je tvořena nosníky z válcových profilů a trapézovým plechem. Na této konstrukci je vrstva z oblázků.

V prostoru zimní zahrady je podlaha tvořena vylehčovacími prvky iglú, které jsou zality polystyrenbetonem. Obvodový plášť zimní zahrady je tvořen nízkou vyzdívkou z cihel, která zároveň plní funkci ztraceného bednění pro betonovou zálivku podlahy a také jako parapety prosklených stěn. V celém objektu jsou podhledy.

2.2 Uvažované změny konstrukčního systému

Ocelové válcované profily v konstrukci stropní desky jsou nahrazeny betonovými průvlaky. Vnitřní ocelové sloupy a všechny nosné zdi jsou uvažovány jako železobetonové.



Obrázek 2.1 Prostorový model v programu Scia Engineer.

3 DESKY

3.1 Stropní deska nad 1.NP

Předmětem této podkapitoly je návrh a posudek konstrukce stropu kavárny dle platných norem pro navrhování. Pro výpočet byl použit program Scia Engineer 16.1. Výsledky z programu byly ověřeny ručním výpočtem - metodou třímomentových rovnic.

➤ Tloušťka stropní desky

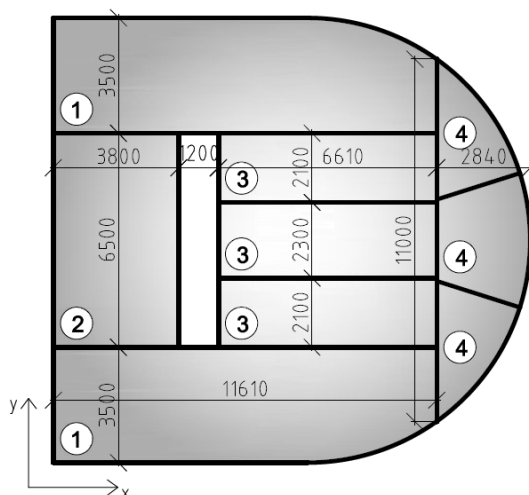
Pro předběžný návrh tloušťky spojitě, křížem vyztužené desky platí empirický vztah[4]:

$$h = \frac{l_x + l_y}{105} \quad (3.1.)$$

Do vztahu jsem dosadila rozměry části desky č. 2, viz obrázek 3.1, protože v ostatních částech desky se bude zatížení přenášet převážně jen jedním směrem.

$$h = \frac{3,8 + 6,5}{105} = 0,098 \text{ m} \quad (3.2.)$$

Tloušťku stropní desky volím 150 mm.



Obrázek 3.1 Schéma stropní desky.

➤ Materiál

Beton C25/30

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_M} = \frac{25}{1,5} = 16,67 \text{ MPa}$$

Výztuž B 500 B

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_M} = \frac{500}{1,15} = 434,783 \text{ MPa}$$

➤ Krytí výztuže

Stupeň vlivu prostředí: suché \Rightarrow XC1

konstrukční třída: S4 \Rightarrow objekty o návrhové životnosti 50 let

Předběžný průměr výztuže: 10 mm

Pro jmenovitou hodnotu tloušťky betonové krycí vrstvy platí vztah:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} \quad (3.3.)$$

$$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm}) \quad (3.4.)$$

$$c_{min,b} \geq \emptyset \Rightarrow c_{min,b} = 10 \text{ mm}$$

$$c_{min,dur} = 15 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{dur,\gamma}; \Delta c_{dur,st}; \Delta c_{dur,add} = 0$$

Dosazení do vztahu 3.4.:

$$c_{min} = \max(10; 15; 10 \text{ mm}) = 15 \text{ mm}$$

Pro monolitické konstrukce platí:

$$\Delta c_{dev} = 5 \div 10 \text{ mm}$$

Dosazení do vztahu 3.3.:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 15 + 10 = 25 \text{ mm}$$

3.1.1 Zatížení

Zatížení na desce je tvořeno plošným zatížením stálým od vlastní tíhy konstrukce, nahodilým od zatížení užitného a zatížení sněhem, které je uvažováno po celé ploše venkovní terasy a na ocelové střeše a není kombinováno se zatížením užitným.. Dále je tvořeno liniovým zatížením téměř na celém obvodu desky od atiky a výrazným bodovým zatížením od ocelové konstrukce zastřešení v místech sloupů. Dalším liniovým zatížením je cihlový sokl a zasklení po obvodu zimní zahrady mezi ocelovými sloupy.

Kombinace zatížení pro všechny posuzované prvky jsou uvažována v souladu s ČSN EN 1990[3] dle vztahů 6.10a a 6.10b:

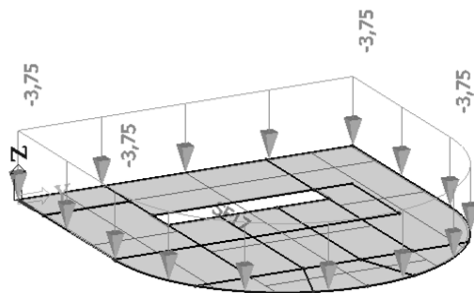
$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \psi_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{Q,i} Q_{k,i}$$

$$\sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{Q,i} Q_{k,i}$$

➤ **Plošné zatížení**Stálé zatížení - vlastní tíha

popis	g_k [kN/m ²]	γ_g [—]	g_d [kN/m ²]
ŽB deska, tl. 150 mm, $\rho = 2500 \text{ kg/m}^3$	3,75	1,35	5,06

Tabulka 3.1 Stálé zatížení od vlastní tíhy stropní desky.



Obrázek 3.2 Deska zatížena vlastní tíhou.

Stálé zatížení - podlaha na terase

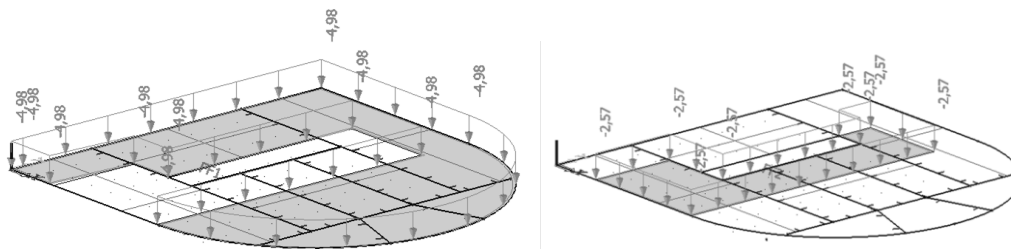
popis	g_k [kN/m ²]	γ_g [—]	g_d [kN/m ²]
Terasové lamely (PVC+dřevo), tl. 28 mm, $\rho = 1210 \text{ kg/m}^3$	0,339	1,35	0,458
Drobné kamenivo fr. 4 - 8 mm, tl. 50 mm, $\rho = 1800 \text{ kg/m}^3$	0,9	1,35	1,215
Liapor fr. 8 -16 mm, tl. 50 - 120 mm, $\rho = 1500 \text{ kg/m}^3$	1,8	1,35	2,43
Říční kamenivo, fr. 8 -32 mm, tl. 50 mm, $\rho = 1800 \text{ kg/m}^3$	0,9	1,35	1,215
Geotextilie, 500 g/m ²	0,005	1,35	0,007
SBS bitumenový pás s PES rounem, 4,54 kg/m ²	0,045	1,35	0,061
SBS bitumenový pás se skelnou mřížkou, 5,5 kg/m ²	0,055	1,35	0,074
EPS 150 S, tl. 140 mm, $\rho = 20 \text{ kg/m}^3$	0,028	1,35	0,038
polystyrenbeton, 40 - 110 mm, $\rho = 510 \text{ kg/m}^3$	0,561	1,35	0,757
bitumenový pás s hliníkovou vložkou, tl. 4 mm, 4,27 kg/m ²	0,043	1,35	0,058
asfaltový lak, 300 gr/m ²	0,003	1,35	0,003
podhled a VZT	0,3	1,35	0,405
CELKEM	4,978		6,721

Tabulka 3.2 Stálé zatížení od skladby podlahy na terase.

Stálé zatížení - podlaha v zimní zahradě

popis	g_k [kN/m ²]	γ_g [—]	g_d [kN/m ²]
Elementy iglú s betonovou zálivkou, 257 kg/m ²	2,57	1,35	3,47

Tabulka 3.3 Stálé zatížení od skladby podlahy v zimní zahradě.

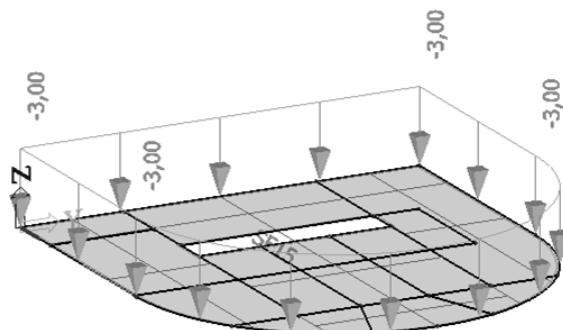


Obrázek 3.3 Deska zatížena tíhou podlah na venkovní terase a v zimní zahradě.

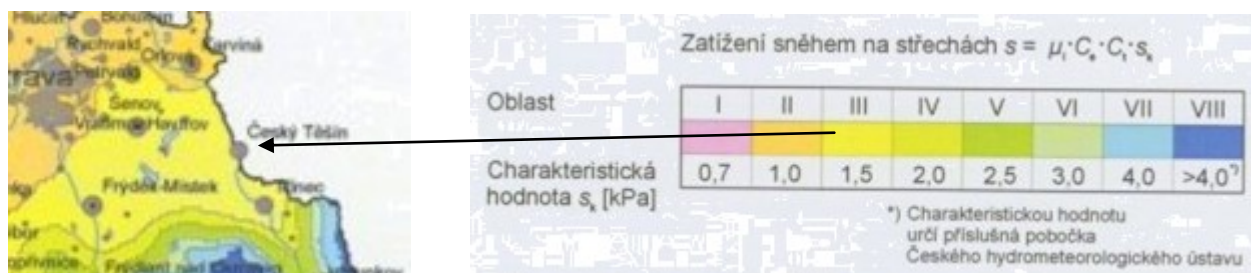
Nahodilé - užité zatížení

popis	q_k [kN/m ²]	γ_q [—]	q_d [kN/m ²]
Kategorie C1 (plochy se stoly, např. v kavárnách)	3	1,5	4,5

Tabulka 3.4 Užité zatížení na stropní desce.



Obrázek 3.4 Deska zatížena užitným zatížením.

Nahodilé - zatížení sněhem

Obrázek 3.5 Výřez mapy sněhových oblastí s městem Český Těšín.

Objekt se nachází ve III. sněhové oblasti $\Rightarrow s_k = 1,5 \frac{kN}{m^2}$

Typ krajiny - normální $\Rightarrow C_e = 1,0$

Tepelná prostupnost střechy je $< 1 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}) \Rightarrow C_t = 1,0$

Sklon střechy $\alpha = 0^\circ \Rightarrow \mu_1 = 0,8$

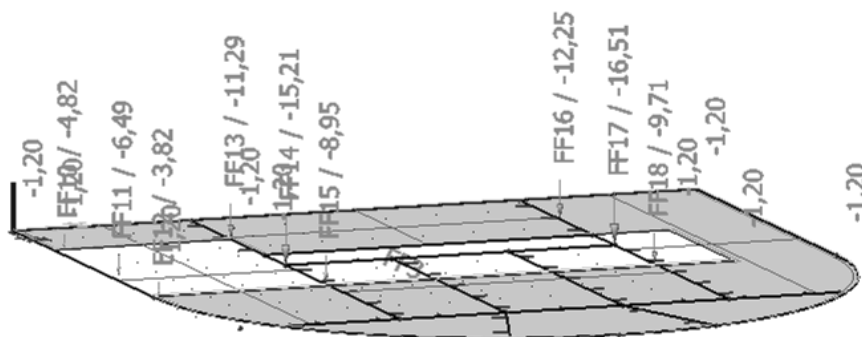
Charakteristická hodnota zatížení od sněhu:

$$s = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k \quad (3.5.)$$

$$s = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,5 = 1,2 \frac{kN}{m^2}$$

břemeno	zatěžovací plocha [m ²]	sníh [kN/m ²]	g _k [kN]
A	4,014	1,2	4,817
B	5,408		6,490
C	3,182		3,819
D	9,409		11,291
E	12,675		15,210
F	7,459		8,951
G	10,210		12,252
H	13,754		16,505
CH	8,094		9,712

Tabulka 3.5 Charakteristické hodnoty břemen do jednotlivých sloupů od sněhu na střeše.



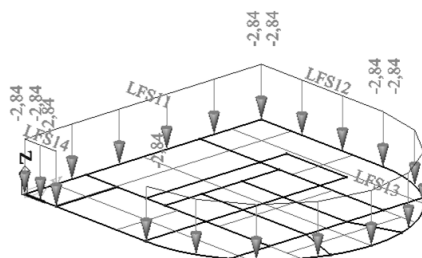
Obrázek 3.6 Deska zatížena sněhem na ocelové konstrukci i na ploše terasy.

➤ Liniové zatížení

Stálé zatížení - atika

popis	q _k [kN/m]	γ _q [—]	q _d [kN/m]
ŽB atika, 650 x 175 mm, ρ = 2500 kg/m ³	2,84	1,35	3,83

Tabulka 3.6 Stálé zatížení od atiky.

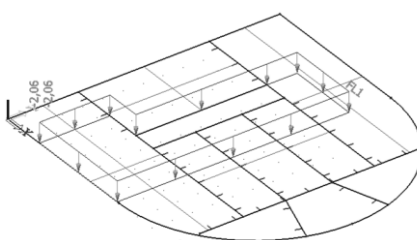


Obrázek 3.7 Deska zatížena atikou.

Stálé zatížení - vyzdívka a zasklení

popis	q_k [kN/m]	γ_q [–]	q_d [kN/m]
vyzdívka z CPP, 650 x 140 mm, $\rho = 1900 \text{ kg/m}^3$	1,73	1,35	2,33
skleněné tabule, 2 x 2200 x 3 mm, $\rho = 2500 \text{ kg/m}^3$	0,33	1,35	0,45
CELKEM	2,06		2,78

Tabulka 3.7 Stálé zatížení od vyzdívky z cihel a skleněných tabulí mezi ocelovými sloupy.



Obrázek 3.8 Deska zatížena vyzdívkou z cihel a skleněnými tabulemi.

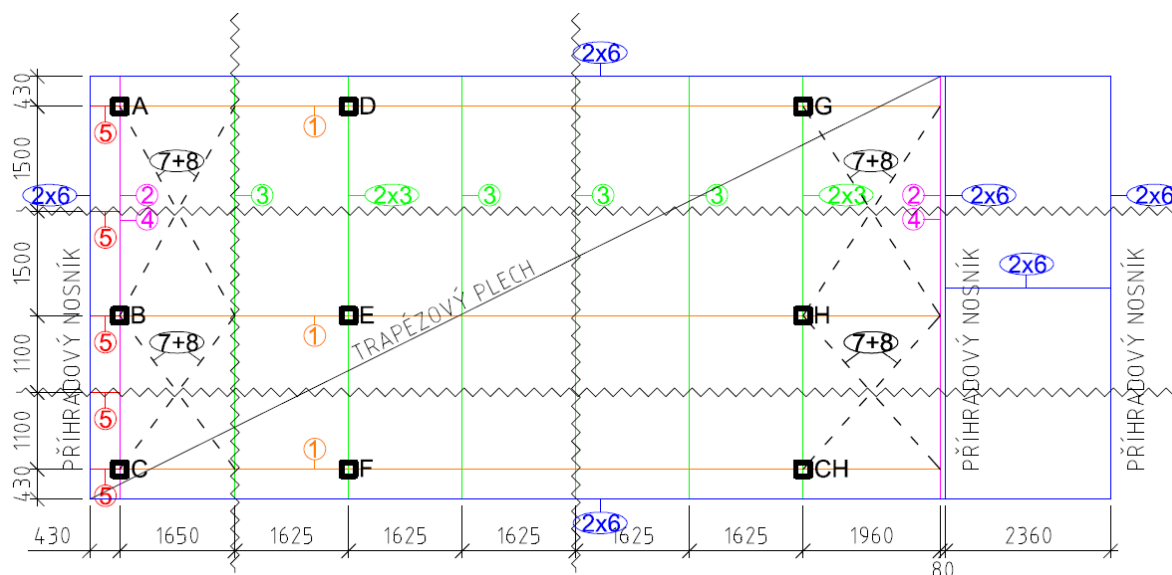
➤ Bodové zatížení

Zastřešení zimní zahrady je tvořeno ocelovou konstrukcí 9-ti sloupů, které nesou střešní trámy a na nich je uložen trapézový plech s tepelnou izolací a vrstvou z oblázků.

Ostatní stálé zatížení na ocelové konstrukci

popis	g_k [kN/m²]	γ_g [–]	g_d [kN/m²]
podhled	0,5	1,35	0,675
trapézový plech - výška vlny 40 mm, tl. 0,88 mm	0,1	1,35	0,135
TI + HI	0,5	1,35	0,675
kamenivo tl. 50 mm, $r = 1800 \text{ kg/m}^3$	0,9	1,35	1,215
CELKEM	2		2,7

Tabulka 3.8 Stálé zatížení od skladby ocelové střechy.



Obrázek 3.9 Schéma zastřešení z ocelových prvků, včetně vyznačení sloupů a jejich zatěžovacích ploch.

č.	název	hmotnost [kN/m]	břemeno A		břemeno B		břemeno C	
1	HEB 180	0,512	délky ocel. prvků	1,650	0,845	délky ocel. prvků	1,650	0,845
2	UPE 180	0,197		1,930	0,380		1,530	0,301
3	I 120	0,111		0,965	0,107		0,765	0,085
4	L 120/80/8	0,122		1,930	0,235		1,530	0,186
5	I 120	0,111		0,645	0,072		0,645	0,072
6	JAKL 85/120/3	0,091		8,740	0,796		7,940	0,723
příhradový nosník		0,110		1,930	0,212		1,530	0,168
7	kruh. prof. 14	0,012		3,424	0,041		2,750	0,033
8	šroub M12			0,010			0,010	
příločky				0,450			0,450	
příslušný sloup	označení		OS 204		OS 204		OS 204	
	hmotnost [kN]		0,624		0,624		0,624	
zatěžovací plocha [m ²]			4,014		5,408		3,182	
ostatní stálé [kN/m ²]			2		8,029		10,816	
HODNOTA BŘEMENE CELKEM [kN]			11,801		14,657		9,862	

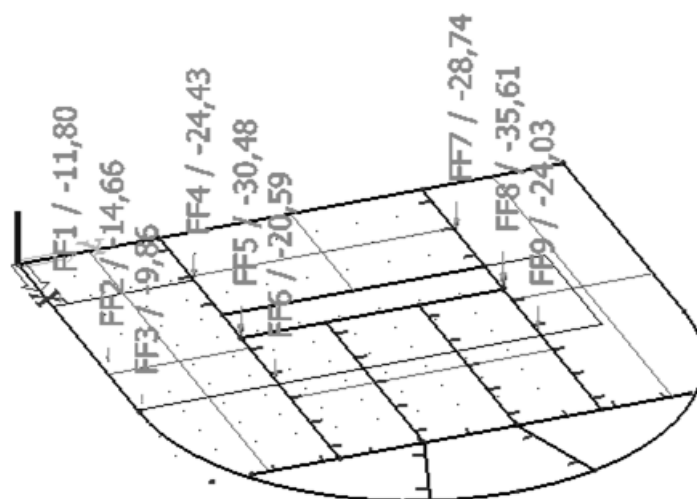
Tabulka 3.9 Charakteristické hodnoty břemen jednotlivých sloupů A - C.

č.	název	hmotnost [kN/m]	břemeno D		břemeno E		břemeno F	
1	HEB 180	0,512	délky ocel. prvků	4,875	2,496	délky ocel. prvků	4,875	2,496
2	UPE 180	0,197		0,000	0,000		0,000	0,000
3	I 120	0,111		7,720	0,857		6,120	0,679
4	L 120/80/8	0,122		0,000	0,000		0,000	0,000
5	I 120	0,111		0,000	0,000		0,000	0,000
6	JAKL 85/120/3	0,091		11,190	1,019		11,190	1,019
příhradový nosník		0,110		0,000	0,000		0,000	0,000
7	kruh. prof. 14	0,012		0,000	0,000		0,000	0,000
8	šroub M12			0,000			0,000	
příločky				0,450			0,450	
příslušný sloup	označení		OS 203		OS 201		OS 201	
	hmotnost [kN]		0,789		1,027		1,027	
zatěžovací plocha [m ²]			9,409		12,675		7,459	
ostatní stálé [kN/m ²]			2		18,818		25,350	
HODNOTA BŘEMENE CELKEM [kN]			24,429		30,477		20,589	

Tabulka 3.10 Charakteristické hodnoty břemen jednotlivých sloupů D - F.

č.	název	hmotnost [kN/m]	břemeno G		břemeno H		břemeno CH	
1	HEB 180	0,512	délky ocel. prvků	5,210	2,668	délky ocel. prvků	5,210	2,668
2	UPE 180	0,197		1,930	0,380		2,600	0,512
3	I 120	0,111		6,755	0,750		9,100	1,010
4	L 120/80/8	0,122		1,930	0,235		2,600	0,316
5	I 120	0,111		0,000	0,000		0,000	0,000
6	JAKL 85/120/3	0,091		25,815	2,352		15,840	1,443
příhradový nosník		0,110		3,860	0,425		5,200	0,572
7	kruh. prof. 14	0,012		3,584	0,043		6,530	0,079
8	šroub M12				0,010			0,020
příložky					0,450			0,450
příslušný sloup	označení		OS 202		OS 201		OS 201	
	hmotnost [kN]		1,009		1,027		1,027	
zatěžovací plocha [m ²]			10,210		13,754		8,094	
ostatní stálé [kN/m ²]			2		20,419		27,508	
HODNOTA BŘEMENE CELKEM [kN]			28,741		35,605		24,031	

Tabulka 3.11 Charakteristické hodnoty břemen jednotlivých sloupů G - CH.

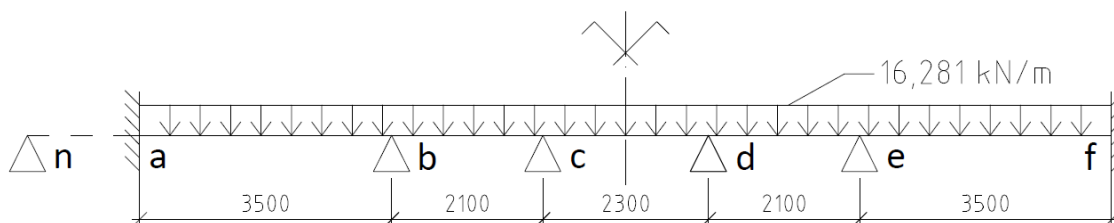


Obrázek 3.10 Deska zatížena ocelovou konstrukcí zastřešení.

3.1.2 Vnitřní síly

A) Ruční výpočet

Statické schéma



Obrázek 3.11 Schéma řezu deskou ve směru y.

$$a: M_n \cdot 0 + 2 \cdot M_a \cdot (0 + 3,5) + M_b \cdot 3,5 + Z_{an} \cdot 0 + Z_{ab} \cdot 3,5 = 0$$

$$b: M_a \cdot 3,5 + 2 \cdot M_b \cdot (3,5 + 2,1) + M_c \cdot 2,3 + Z_{ba} \cdot 3,5 + Z_{bc} \cdot 2,1 = 0$$

$$c: M_b \cdot 2,1 + 2 \cdot M_c \cdot (2,1 + 2,3) + M_d \cdot 2,3 + Z_{cb} \cdot 2,1 + Z_{cd} \cdot 2,3 = 0$$

$$M_a = M_f; M_b = M_e; M_c = M_d$$

$$Z_{ab} = Z_{ba} = Z_{bc} = Z_{cb} = Z_{cd} = \frac{1}{4} \cdot q \cdot l^2$$

$$7 \cdot M_a + M_b \cdot 3,5 + \left(\frac{1}{4} \cdot 16,281 \cdot 3,5^2 \right) \cdot 3,5 = 0$$

$$3,5 \cdot M_a + 11,2 \cdot M_b + 2,3 \cdot M_c + \left(\frac{1}{4} \cdot 16,281 \cdot 3,5^2 \right) \cdot 3,5 + \left(\frac{1}{4} \cdot 16,281 \cdot 2,1^2 \right) \cdot 2,1 = 0$$

$$2,1 \cdot M_b + 8,8 \cdot M_c + 2,3 \cdot M_c + \left(\frac{1}{4} \cdot 16,281 \cdot 2,1^2 \right) \cdot 2,1 + \left(\frac{1}{4} \cdot 16,281 \cdot 2,3^2 \right) \cdot 2,3 = 0$$

$$7 \cdot M_a + M_b \cdot 3,5 + 174,51 = 0$$

$$3,5 \cdot M_a + 11,2 \cdot M_b + 2,3 \cdot M_c + 174,51 + 37,69 = 0 / \cdot (-2)$$

$$2,1 \cdot M_b + 8,8 \cdot M_c + 2,3 \cdot M_c + 37,69 + 49,52 = 0$$

$$7 \cdot M_a - 2 \cdot 3,5 \cdot M_a + M_b \cdot 3,5 - 2 \cdot 11,2 \cdot M_b - 2 \cdot 2,3 \cdot M_c + 174,51 - 2 \cdot 212,2 = 0$$

$$2,1 \cdot M_b + 11,1 \cdot M_c + 37,69 + 49,52 = 0$$

$$-18,9 \cdot M_b - 4,6 \cdot M_c - 249,89 = 0$$

$$2,1 \cdot M_b + 11,1 \cdot M_c + 87,21 = 0$$

$$\Rightarrow M_b = \frac{-4,6 \cdot M_c - 249,89}{18,9}$$

$$2,1 \cdot \frac{-4,6 \cdot M_c - 249,89}{18,9} + 11,1 \cdot M_c + 87,21 = 0$$

$$-524,769 - 9,66 \cdot M_c + 209,79 \cdot M_c + 1648,4 = 0$$

$$200,13 \cdot M_c = -1123,631$$

$$M_c = -5,615 \text{ kNm} \text{ (výsledek z programu Scia: -6,32 kNm)}$$

$$M_b = \frac{-4,6 \cdot (-5,615) - 249,89}{18,9} = -11,855 \text{ kNm} \text{ (Scia: -11,08 kNm)}$$

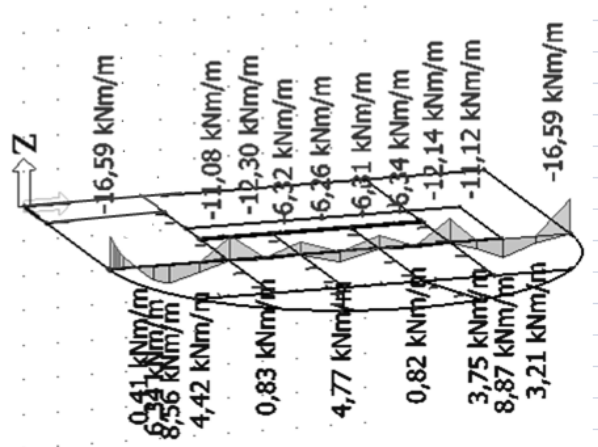
$$7 \cdot M_a + M_b \cdot 3,5 + 174,51 = 0$$

$$7 \cdot M_a - 11,855 \cdot 3,5 + 174,51 = 0$$

$$M_a = \frac{3,5 \cdot (-11,855) - 174,51}{7} = -19,00 \text{ kNm} \text{ (Scia: -16,49 kNm)}$$

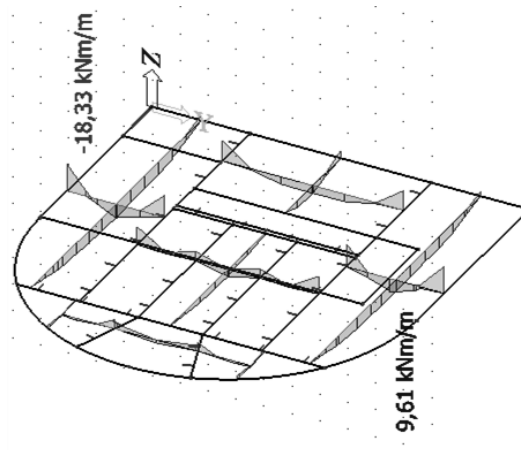
B) Výsledky z programu Scia Engineer

Stropní deskou jsem vedla řez, jenž odpovídá schématu pro ruční výpočet výše, pro porovnání výsledků - viz obrázek 3.12.



Obrázek 3.12 Hodnoty momentů na desce v řezu pro porovnání s ručním výpočtem.

Pro návrhy výztuží byly vedeny řezy v každé části stropní desky vždy středem v jednom a v druhém směru - viz obrázek 3.13.



Obrázek 3.13 Největší momenty od nejnepriznivější kombinace zatížení na desce.

3.1.3 Návrh a posouzení výztuže

Pro návrh výztuže metodou mezní rovnováhy platí zjednodušený vztah:

$$M_{Rd} = F_s \cdot (d - 0,4 \cdot x) \cong F_s \cdot 0,9 \cdot d \cong A_s \cdot f_{yd} \cdot 0,9 \cdot d \quad (3.6.)$$

a z něj je odvozen vzorec pro nutnou plochu výztuže:

$$A_{s,req} = \frac{m_{Ed}}{0,9 \cdot d \cdot f_{yd}} \quad (3.7.)$$

Osová vzdálenost prutů:

$$s = \frac{\pi \cdot \frac{\phi_x^2}{4}}{A_{s,req}} \quad (3.8.)$$

Skutečná plocha:

$$A_s = \frac{1}{s} \cdot \frac{\pi \cdot \phi_x^2}{4} \quad (3.9.)$$

Síla ve výztuži:

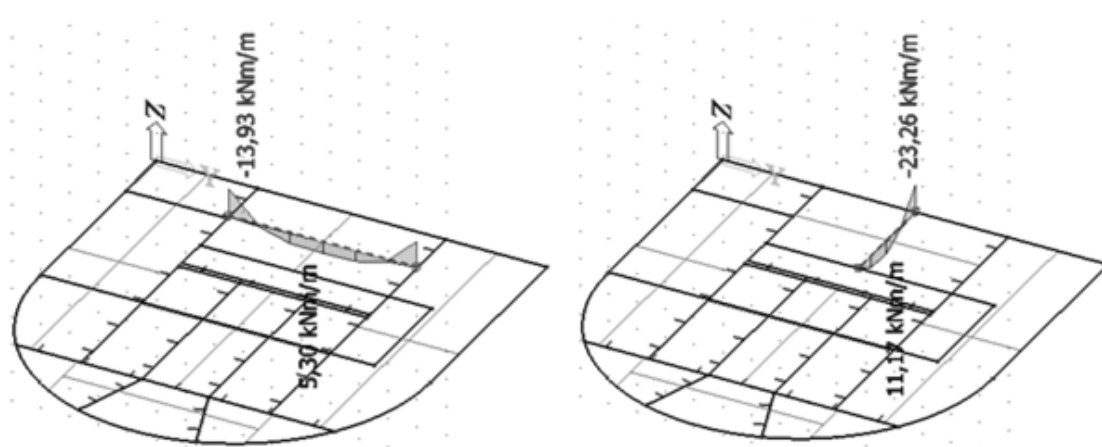
$$F_s = A_s \cdot f_{yd} \quad (3.10.)$$

Výška tlačené oblasti:

$$x = \frac{F_s}{0,8 \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cd}} \quad (3.11.)$$

Moment únosnosti průřezu:

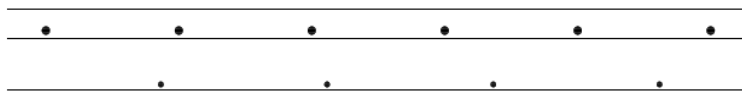
$$m_{Rd} = F_s \cdot (d - 0,4 \cdot x) \quad (3.12.)$$

Vzorový výpočet pro návrh výztuže části desky č. 2:**Obrázek 3.14** Dimenzační momenty pro část desky č. 2.

Dimenzační momenty ve směru x:

$$m_{Ed} = 11,17 \frac{kNm}{m}$$

$$m_{Ed} = -23,26 \frac{kNm}{m}$$

**Obrázek 3.15** Schéma uložení výztuže v části desky č. 2 ve směru x.**➤ Dolní výztuž - navrhuji Ø 10**

Dosazení do vztahů 3.7. až 3.12.:

Z předběžně zvoleného profilu výztuže 10 mm je vzdálenost od tlačného okraje betonu k ose tažené výztuže:

$$d = h - c_{nom} - \frac{\phi_x}{2} = 150 - 25 - \frac{10}{2} = 120 \text{ mm} = 0,12 \text{ m}$$

$$A_{s,req} = \frac{11,17 \cdot 10^3}{0,9 \cdot 0,12 \cdot 434,783 \cdot 10^6} = 2,378 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$s = \frac{\pi \cdot \frac{0,010^2}{4}}{2,378 \cdot 10^{-4}} = 0,33 \Rightarrow \text{navrhuji } s = 0,200 \text{ m}$$

$$A_s = \frac{1}{0,20} \cdot \frac{\pi \cdot 0,01^2}{4} = 3,93 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

Návrh dolní výztuže směr x: Ø 10/200 ($A_s = 393 \text{ mm}^2$)

$$F_s = A_s \cdot f_{yd} = 3,93 \cdot 10^{-4} \cdot 434,783 \cdot 10^6 = 170\,869\,N = 170,87\,kN$$

$$x = \frac{170,87 \cdot 10^3}{0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 16,67 \cdot 10^6} = 0,0128\,m$$

$$m_{Rd} = F_s \cdot (d - 0,4 \cdot x) = 170,87 \cdot 10^3 \cdot (0,12 - 0,4 \cdot 0,0128) = 19\,630 \frac{Nm}{m}$$

Posouzení:

$$m_{Rd} = 19,63 \frac{kNm}{m} > m_{Ed} = 11,17 \frac{kNm}{m}$$

Konstrukce vyhovuje pro dané zatížení.

➤ Horní výztuž - navrhuji Ø 12

Dosazení do vztahů 3.7. až 3.12.:

$$d = h - c_{nom} - \phi_y - \frac{\phi_x}{2} = 150 - 25 - 12 - \frac{12}{2} = 107\,mm = 0,107\,m$$

$$A_{s,req} = \frac{23,26 \cdot 10^3}{0,9 \cdot 0,107 \cdot 434,783 \cdot 10^6} = 5,56 \cdot 10^{-4}\,m^2$$

$$s = \frac{\pi \cdot \frac{0,012^2}{4}}{5,56 \cdot 10^{-4}} = 0,203 \Rightarrow \text{navrhuji } s = 0,200\,m$$

$$A_s = \frac{1}{0,20} \cdot \frac{\pi \cdot 0,012^2}{4} = 5,65 \cdot 10^{-4}\,m^2$$

Návrh horní výztuže: Ø 12/200 ($A_s = 565\,mm^2$)

$$F_s = A_s \cdot f_{yd} = 5,65 \cdot 10^{-4} \cdot 434,783 \cdot 10^6 = 245\,652\,N = 245,65\,kN$$

$$x = \frac{245,65 \cdot 10^3}{0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 16,67 \cdot 10^6} = 0,0184\,m$$

$$m_{Rd} = F_s \cdot (d - 0,4 \cdot x) = 245,65 \cdot 10^3 \cdot (0,107 - 0,4 \cdot 0,0184) = 24\,476 \frac{Nm}{m}$$

Posouzení:

$$m_{Rd} = 24,476 \frac{kNm}{m} > m_{Ed} = 23,26 \frac{kNm}{m}$$

Konstrukce vyhovuje pro dané zatížení.

V následující tabulce č. 3.12 jsou uvedeny výztuže jednotlivých částí desky dle obrázku č. 3.1. Políčka vyznačené šedou barvou označují pouze rozdělovací výztuž.

ozn.	výztuž	směr	m_{Ed} [kNm/m]	předběžný návrh ϕ [mm]	d [mm]	$A_{s,req}$ [mm ²]	s [mm]	navrženo [mm]	A_{skut} [mm ²]	F_s [kN]	X [m]	m_{Ed} [kNm/m]	posudek
ČÁST 1	dolní	x	3,46	8	111	80	631	8 / 400	126	54,636	0,0041	5,975	VYHOVUJE
		y	9,33	10	120	199	395,28	10 / 250	314	136,591	0,0102	15,831	VYHOVUJE
	horní	x	-9,66	8	121	204	246,37	8 / 200	251	109,273	0,0082	12,864	VYHOVUJE
		y	-18,33	12	111	422	268	12 / 200	565	245,864	0,0184	25,477	VYHOVUJE
ČÁST 2	dolní	x	11,17	10	120	238	330,17	10 / 200	393	170,739	0,0128	19,614	VYHOVUJE
		y	5,3	8	111	122	411,94	8 / 250	201	87,418	0,0066	9,474	VYHOVUJE
	horní	x	-23,26	12	107	556	203,58	12 / 200	565	245,864	0,0184	24,494	VYHOVUJE
		y	-13,93	12	119	299	378,06	12 / 200	565	245,864	0,0184	27,444	VYHOVUJE
ČÁST 3	dolní	x	0,66	8	111	15	3308	8 / 400	126	54,636	0,0041	5,975	VYHOVUJE
		y	4,77	10	120	102	773,16	10 / 250	314	136,591	0,0102	15,831	VYHOVUJE
	horní	x	-2,07	8	121	44	1149,7	8 / 400	126	54,636	0,0041	6,521	VYHOVUJE
		y	12,03	10	112	274	286,13	10 / 200	393	170,739	0,0128	18,248	VYHOVUJE
ČÁST 4	dolní	x	2,87	8	113	65	774,43	8 / 400	126	54,636	0,0041	6,084	VYHOVUJE
		y	2,07	8	121	44	1149,7	8 / 250	201	87,418	0,0066	10,348	VYHOVUJE
	horní	x	-2,67	8	121	56	891,37	8 / 400	126	54,636	0,0041	6,521	VYHOVUJE
		y	-6,08	8	113	138	365,56	8 / 200	251	109,273	0,0082	11,990	VYHOVUJE

 rozdělovací výztuž

Tabulka 3.12 Navržené výztuže jednotlivých částí desky.

3.1.4 Konstrukční zásady

Rozdělovací výztuže nemusí splňovat konstrukční zásady, proto jsou u těchto výztuží uvedeny ve sloupci posudků pomlčky.

➤ Omezení množství tahové výztuže

$$A_{s,min} < A_s < A_{s,max} \quad (3.13.)$$

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c \quad (3.14.)$$

$$A_{s,min} = \max \left\{ 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_t \cdot d \right. \\ \left. 0,0013 \cdot b_t \cdot d \right\} m^2 \quad (3.15.)$$

Posudky výztuží v jednotlivých částech desky dle vzorců 3.13. až 3.15. jsou uvedeny v následující tabulce:

ozn.	$A_{s,min}$ [mm ²]	A_{skut} [mm ²]	$A_{s,max}$ [mm ²]	posudek
ČÁST 1	150,07	126	< 6000	-
	162,24	314		SPLNĚNO
	163,59	251		SPLNĚNO
	150,07	565		SPLNĚNO
ČÁST 2	151,42	393		SPLNĚNO
	163,59	201		SPLNĚNO
	160,89	565		SPLNĚNO
	144,66	565		SPLNĚNO
ČÁST 3	150,07	126		-
	162,24	314		SPLNĚNO
	163,59	126		-
	151,42	393		SPLNĚNO
ČÁST 4	152,78	126		-
	163,59	201		SPLNĚNO
	163,59	126		-
	152,78	251		SPLNĚNO

Obrázek 3.16 Tabulka ověření ploch jednotlivých výztuží.

Podmínky splněny.

➤ Omezení výšky tlačené oblasti

$$\xi = \frac{x}{d} = < \xi_{bal} = \frac{700}{700 + f_{yd}} \quad (3.16.)$$

ozn.	x/d	ξ_{bal}	posudek
ČÁST 1	0,059	< 0,617	-
	0,055		SPLNĚNO
	0,054		SPLNĚNO
	0,059		SPLNĚNO
ČÁST 2	0,059		SPLNĚNO
	0,054		SPLNĚNO
	0,055		SPLNĚNO
	0,061		SPLNĚNO
ČÁST 3	0,059		-
	0,055		SPLNĚNO
	0,054		-
	0,059		SPLNĚNO
ČÁST 4	0,058		-
	0,054		SPLNĚNO
	0,054		-
	0,058		SPLNĚNO

Tabulka 3.13 Tabulka ověření poměru X/d pro jednotlivé výztuže.

Podmínky splněny.

➤ Maximální osová vzdálenost výztuže

$$s_{max} = \min \left\{ \frac{2 \cdot h}{250} \right\} mm \quad (3.17.)$$

s_{max}	s	posudek
250	≥	400
		250
		200
		200
		200
		250
		200
		200
		400
		250
		400
		200
		400
		250
		400
		200

Tabulka 3.14 Porovnání osových vzdáleností jednotlivých výztuží s maximální osovou vzdáleností.

Podmínky splněny.

➤ **Minimální (světlá) vzdálenost výztuže**

$$s_{min} = \max \left\{ \frac{k_1 \cdot \phi}{20} + k_2 \right\} mm \quad (3.18.)$$

s_{min}	s	posudek
21	392	-
	240	SPLNĚNO
	192	SPLNĚNO
	188	SPLNĚNO
	190	SPLNĚNO
	242	SPLNĚNO
	188	SPLNĚNO
	188	SPLNĚNO
	392	-
	240	SPLNĚNO
	392	-
	190	SPLNĚNO
	392	-
	242	SPLNĚNO
	392	-
	192	SPLNĚNO

Tabulka 3.15 Porovnání světlých vzdáleností výztuže s hodnotou minimální vzdálenosti.

Podmínky splněny.➤ **Kotevní délka**

Kotevní délky se liší dle průměrů výztuže. Pro výpočet kotevních délek v tahu a tlaku platí níže uvedené vztahy. Vzorový výpočet je proveden pro výztuž $\phi 10$. V tabulce jsou uvedeny kotevní délky pro všechny navržené výztuže v rámci celé řešené konstrukce budovy.

Minimální kotevní délka pro kotvení v tahu:

$$l_{bd,min} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,3 \cdot l_{bd,rqd} \\ 10 \cdot \phi \\ 0,1 \end{array} \right\} \quad (3.19.)$$

Minimální kotevní délka pro kotvení v tlaku:

$$l_{bd,min} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,6 \cdot l_{bd,rqd} \\ 10 \cdot \phi \\ 0,1 \end{array} \right\} \quad (3.20.)$$

Základní kotevní délka:

$$l_{bd,rqd} = \frac{\phi}{4} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{bd}} \quad (3.21.)$$

Návrhová hodnota mezního napětí v soudržnosti:

$$f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{cta} \quad (3.22.)$$

Návrhová pevnost betonu v tahu:

$$f_{ctd} = \frac{\alpha_{ct} \cdot f_{ctk0,05}}{\gamma_c} \quad (3.23.)$$

Vzorový výpočet pro výztuž Ø 10:

$$f_{ctd} = \frac{\alpha_{ct} \cdot f_{ctk0,05}}{\gamma_c} = \frac{1 \cdot 1,8}{1,5} = 1,2 \text{ MPa}$$

$$f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2,25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 = 2,7 \text{ MPa}$$

$$l_{bd,rqd} = \frac{\phi}{4} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{bd}} = \frac{0,010}{4} \cdot \frac{434,783}{2,7} = 0,403 \text{ m}$$

$$\text{tah: } l_{bd,min} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,3 \cdot l_{bd,rqd} = 0,3 \cdot 0,403 = 0,121 \\ 10 \cdot \phi = 10 \cdot 0,010 = 0,1 \\ 0,1 \end{array} \right\} m = 0,121 \text{ m}$$

$$\text{tlak: } l_{bd,min} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,6 \cdot l_{bd,rqd} = 0,6 \cdot 0,403 = 0,242 \\ 10 \cdot \phi = 10 \cdot 0,010 = 0,1 \\ 0,1 \end{array} \right\} = 0,242$$

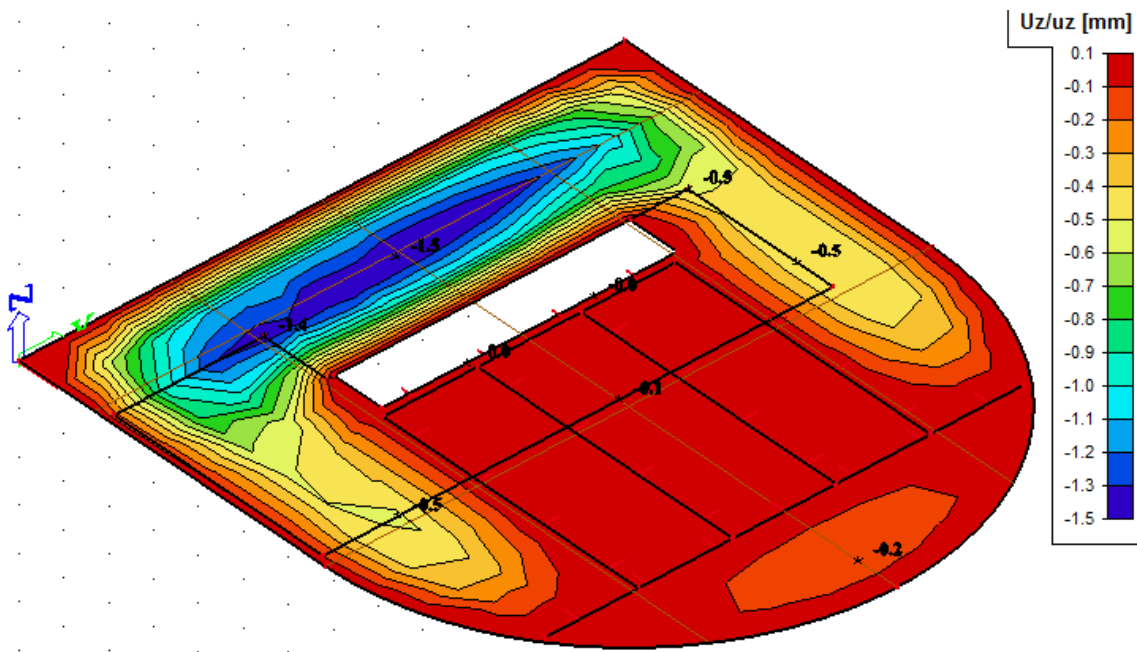
průměr	f _{ctd}	f _{bd}	l _{bd,rqd}	l _{bd,min}	
				tah	tlak
Ø8	1,2	2,7	322	100	193
Ø10			403	121	242
Ø12			483	145	290
Ø14			564	169	338
Ø16			644	193	386
Ø18			725	217	435
Ø20			805	242	483

Tabulka 3.16 Kotevní délky jednotlivých průměrů výztuží pro kotvení v tahu a tlaku.

3.1.5 Ověření průhybu

A) výsledek z programu Scia Engineer

Pro mezní stav použitelnosti byly v programu Scia Engineer vytvořeny 2 kombinace zatížení se součiniteli $\gamma = 1,0$. V jedné skupině bylo užité zatížení a ve druhé zatížení sněhem. Výsledky se téměř nelišily. Pro kombinaci se sněhem vyšel maximální průhyb 1,3 mm a pro kombinaci s užitným zatížením 1,5 mm.



Obrázek 3.17 Průhyby desky od zatěžovacích stavů MSP.

B) kontrola ohybové štíhlosti

Ověření poměru rozpětí k účinné výšce:

$$\frac{l}{d} \leq \lambda_{lim} \quad (3.24.)$$

Mezní ohybová štíhlost se vypočítá:

pro $\rho \leq \rho_0$:

$$\lambda_{lim} = K \cdot \left[11 + 1,5\sqrt{f_{ck}} \cdot \frac{\rho_0}{\rho} + 3,2\sqrt{f_{ck}} \left(\frac{\rho_0}{\rho} - 1 \right)^{\frac{3}{2}} \right] \quad (3.25.)$$

pro $\rho > \rho_0$:

$$\lambda_{lim} = K \cdot \left[11 + 1,5\sqrt{f_{ck}} \cdot \frac{\rho_0}{\rho - \rho'} + \frac{1}{12}\sqrt{f_{ck}} \sqrt{\frac{\rho'}{\rho_0}} \right] \quad (3.26.)$$

Výpočet geometrického stupně vyztužení:

$$\rho = \frac{A_{s,prov}}{b \cdot d} \quad (3.27.)$$

Výpočet referenčního stupně vyztužení:

$$\rho_0 = \sqrt{f_{ck}} \cdot 10^{-3} \quad (3.28.)$$

Údaje posuzovaného pole č. 2 dle obrázku č. 2.1 a dolní výztuže:

$$l = 3,800 \text{ m}$$

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$A_{s,prov} = 393 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$A_{s,req} = 248 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$d = 0,112 \text{ m}$$

$K = 1,3$ pro krajní pole spojitě, křížem vyztužené desky

Dosazení do vztahů výše:

$$\rho = \frac{A_{s,prov}}{b \cdot d} = \frac{393 \cdot 10^{-6}}{1,0 \cdot 0,112} = 3,5 \cdot 10^{-3}$$

$$\rho_0 = \sqrt{f_{ck}} \cdot 10^{-3} = \sqrt{25} \cdot 10^{-3} = 5 \cdot 10^{-3}$$

$$\rho = 3,5 \cdot 10^{-3} < \rho_0 = 5 \cdot 10^{-3}$$

Platí vztah 3.25.:

$$\lambda_{lim} = K \cdot \left[11 + 1,5\sqrt{f_{ck}} \cdot \frac{\rho_0}{\rho} + 3,2\sqrt{f_{ck}} \left(\frac{\rho_0}{\rho} - 1 \right)^{\frac{3}{2}} \right]$$

$$\lambda_{lim} = 1,3 \cdot \left[11 + 1,5 \cdot \sqrt{25} \cdot \frac{5}{3,5} + 3,2 \cdot \sqrt{25} \left(\frac{5}{3,5} - 1 \right)^{\frac{3}{2}} \right]$$

$$\lambda = 34,1$$

Posouzení dle vztahu 3.24.:

$$\frac{l}{d} = \frac{3,80}{0,112} \leq \lambda_{lim}$$

$$33,9 \leq 34,1$$

Podmínka splněna.

3.2 Stropní deska nad 1.PP

➤ Materiál a krytí shodné s deskou nad 1.NP

Beton C25/30

Výztuž B 500 B

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_M} = \frac{25}{1,5} = 16,67 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_M} = \frac{500}{1,15} = 434,783 \text{ MPa}$$

$$c = 25 \text{ mm}$$

➤ Rozměry

délka x šířka : 13,5 x 4 m

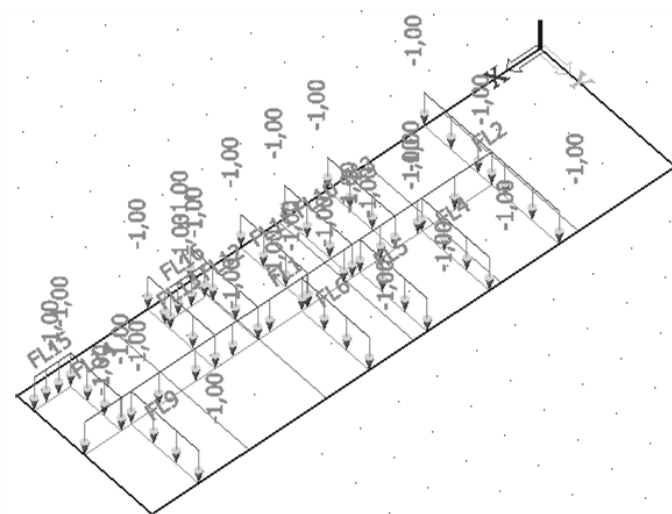
tloušťka: 0,15 m

3.2.1 Zatížení

Stálé zatížení

popis	g_k [kN/m ²]	γ_g [–]	g_d [kN/m ²]
keramická dlažba, tl. 15 mm, $\rho = 2200 \text{ kg/m}^3$	0,33	1,35	0,429
cementový potěr, tl. 20 mm, $\rho = 2500 \text{ kg/m}^3$	0,5	1,35	0,675
ŽB deska, tl. 150 mm, $\rho = 2500 \text{ kg/m}^3$	3,75	1,35	5,06
příčky z keramických tvarovek, tl. 115 mm, $\rho = 870 \text{ kg/m}^3$	1	1,35	1,35

Tabulka 3.17 Stálé zatížení na stropní desce nad 1.PP.



Obrázek 3.18 Deska zatížena příčkami.

Nahodilé - užité zátížení

popis	q_k [kN/m ²]	γ_q [-]	q_d [kN/m ²]
Kategorie A (stropní konstrukce)	2	1,5	3

Tabulka 3.18 Užité zátížení na stropní desce nad 1.PP.

3.2.2 Návrh a posudek

Dimenzační momenty:

dolní výztuž směr y:

$$m_{Ed} = 6,60 \text{ kNm/m}$$

horní výztuž směr y:

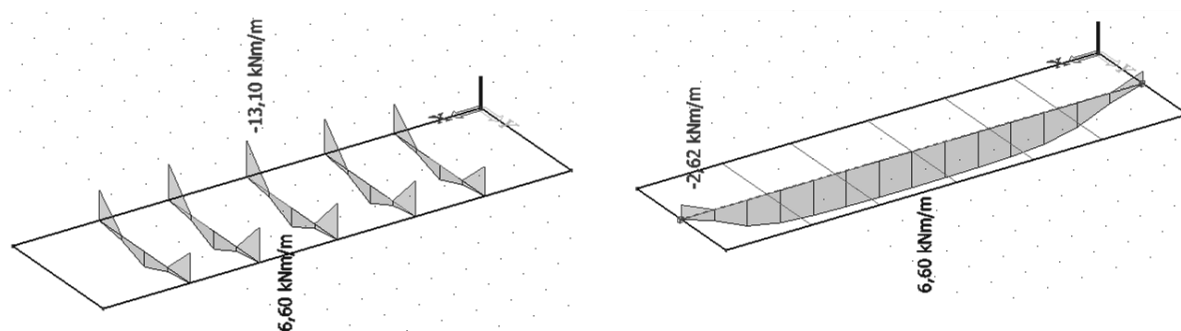
$$m_{Ed} = -13,10 \text{ kNm/m}$$

dolní výztuž směr x:

$$m_{Ed} = 6,60 \text{ kNm/m}$$

horní výztuž směr x:

$$m_{Ed} = -2,62 \text{ kNm/m}$$



Obrázek 3.19 Maximální momenty na desce nad 1.PP.

Navržená výztuž:

dolní výztuž směr y: $\emptyset 8/250$ dolní výztuž směr x: $\emptyset 8/250$ horní výztuž směr y: $\emptyset 10/200$ horní výztuž směr x: $\emptyset 8/400$

Výztuž je posouzena dle vztahů 3.6. až 3.12. Výsledky jsou uvedeny v následující tabulce.

DESKA NAD 1.PP	výztuž	směr	m_{Ed} [kNm/m]	předběžný návrh \emptyset [mm]	d [mm]	$A_{s,req}$ [mm ²]	s [mm]	navrženo [mm]	A_{skut} [mm ²]	F_s [kN]	x [m]	m_{Rd} [kNm/m]	posudek
	dolní	x	6,6	8	113	149	336,76	8 / 250	201	87,418	0,0066	9,649	VYHOVUJE
		y	6,6	8	121	139	360,6	8 / 250	201	87,418	0,0066	10,348	VYHOVUJE
	horní	x	-2,62	8	121	55	908,38	8 / 400	126	54,636	0,0041	6,521	VYHOVUJE
		y	-13,1	10	112	299	262,76	10 / 200	393	170,739	0,0128	18,248	VYHOVUJE

Tabulka 3.19 Posudky jednotlivých výztuží v desce nad 1.NP.

Konstrukce vyhovuje pro dané zátížení.

3.2.3 Konstrukční zásady

Rozdělovací výztuže nemusí splňovat konstrukční zásady, proto jsou u těchto výztuží uvedeny ve sloupci posudků pomlčky.

➤ Omezení množství tahové výztuže

Posudky výztuží dle vzorců 3.13. až 3.15.:

		$A_{s,min} [mm^2]$		$A_{s,skut} [mm^2]$		$A_{s,max} [mm^2]$	posudek
dolní	x	153	<	201	<	6000	SPLNĚNO
	y	164		201			SPLNĚNO
horní	x	164		126			-
	y	151		393			SPLNĚNO

Obrázek 3.20 Tabulka posouzení jednotlivých výztuží.

Podmínky splněny.

➤ Omezení výšky tlačené oblasti

Posudky výztuží dle vztahu 3.16.:

		x/d		ξ_{bal}	posudek
dolní	x	0,058	<	0,617	SPLNĚNO
	y	0,054			SPLNĚNO
horní	x	0,034			-
	y	0,114			SPLNĚNO

Tabulka 3.20 Tabulka ověření poměru X/d pro jednotlivé výztuže.

Podmínky splněny.

Maximální osová vzdálenost výztuže

Posudky výztuží dle vztahu 3.17.:

		s_{max}	s	posudek
dolní	x	250	250	SPLNĚNO
	y		250	SPLNĚNO
horní	x		400	-
	y		200	SPLNĚNO

Tabulka 3.21 Porovnání osových vzdáleností jednotlivých výztuží s maximální osovou vzdáleností.

Podmínky splněny.

Minimální (světlá) vzdálenost výztuže

Posudky výztuží dle vztahů 3.18.:

		s_{min}	s	posudek
dolní	x	21	242	SPLNĚNO
	y	21	242	SPLNĚNO
horní	x	21	392	-
	y	21	190	SPLNĚNO

Tabulka 3.22 Porovnání světlých vzdáleností výztuže s hodnotou požadovanou normou.

Podmínky splněny.

➤ Kotevní délka

Kotevní délky pro všechny použité průměry výztuží jsou uvedeny v tabulce č. 3.16.

4 SCHODIŠTĚ

4.1 Zatížení

MEZIPODESTA

Stálé zatížení

popis	g_k [kN/m ²]	γ_g [–]	g_d [kN/m ²]
Masivní dřevo, tl. 30 mm, $\rho = 750 \text{ kg/m}^3$	0,225	1,35	0,304
Pěnová podložka (parozábrana), tl. 2 mm	–	1,35	–
Vlastní tíha ŽB desky, tl. 150 mm, $\rho = 2500 \text{ kg/m}^3$	3,75	1,35	5,063
Σ	3,975		5,367

Tabulka 4.1 Hodnoty stálého zatížení od vlastní tíhy mezipodesty.

Užitné zatížení

popis	q_k [kN/m ²]	γ_q [–]	q_d [kN/m ²]
Schodiště - kategorie A	3,0	1,5	4,5

Tabulka 4.2 Hodnoty užitného zatížení na schodišti.

$$p_{d,podesta} = g_d + q_d = 5,367 + 4,5 = 9,867 \frac{kN}{m^2}$$

RAMENA BEZ SCHODIŠŤOVÝCH STUPŇŮ

Stálé zatížení

popis	g_k [kN/m ²]	γ_g [–]	g_d [kN/m ²]
Masivní dřevo, tl. 30 mm, $\rho = 750 \text{ kg/m}^3$	0,225	1,35	0,304
Pěnová podložka (parozábrana), tl. 2 mm	–	1,35	–
Vlastní tíha ŽB desky, tl. 177 mm, $\rho = 2500 \text{ kg/m}^3$	4,425	1,35	5,973
Σ	4,65		6,23

Tabulka 4.3 Hodnoty stálého zatížení od vlastní tíhy ramen.

Započítání schodišťových stupňů:**NÁSTUPNÍ RAMENO**

$$h = 175 \text{ mm}$$

$$b = 280 \text{ mm}$$

$$n = 11$$

$$L' = 3,49 \text{ m}$$

$$\rho = 2500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \Rightarrow \gamma = 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$g_{d,\text{nástup}} = \frac{\frac{h \cdot b \cdot n}{2} \cdot \gamma}{L'} \cdot \gamma_d = \frac{\frac{0,175 \cdot 0,28 \cdot 11}{2} \cdot 25}{3,49} \cdot 1,35 = 2,61 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

VÝSTUPNÍ RAMENO

$$h = 175 \text{ mm}$$

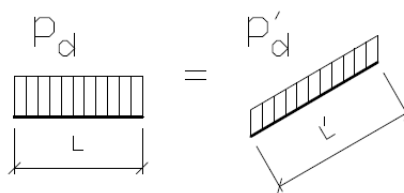
$$b = 280 \text{ mm}$$

$$n = 9$$

$$L' = 2,92 \text{ m}$$

$$\rho = 2500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \Rightarrow \gamma = 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$g_{d,\text{výstup}} = \frac{\frac{h \cdot b \cdot n}{2} \cdot \gamma}{L'} \cdot \gamma_d = \frac{\frac{0,175 \cdot 0,28 \cdot 9}{2} \cdot 25}{2,92} \cdot 1,35 = 2,55 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Přepočet užitého zatížení na šikmou délku ramene:

Obrázek 4.1 Znázornění rovnosti náhradního břemene od zatížení na půdorysný rozměr a na průmět.

Jak je zobrazeno na obrázku 4.1 platí:

$$g_d \cdot L = g'_d \cdot L' \quad (4.1.)$$

NÁSTUPNÍ RAMENO

$$g'_d = \frac{g_d \cdot L}{L'} = \frac{4,5 \cdot 2,96}{3,49} = 3,82 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

VÝSTUPNÍ RAMENO

$$g'_d = \frac{g_d \cdot L}{L'} = \frac{4,5 \cdot 2,478}{2,92} = 3,82 \frac{kN}{m^2}$$

Celkové zatížení:

$$p_{d,nástup.rameno} = g'_d + g_{d,nástup} + q_d = 6,23 + 2,61 + 3,82 = 12,66 \frac{kN}{m^2}$$

$$p_{d,výstup.rameno} = g'_d + g_{d,výstup} + q_d = 6,23 + 2,55 + 3,82 = 12,60 \frac{kN}{m^2}$$

Jelikož bude model schodiště vytvořen jako prutová konstrukce, je nutné převést zatížení na liniové. Šířka schodiště je 1200 mm.

$$p_1 = p_{d,nástup.rameno} \cdot 1,2 = 12,66 \cdot 1,2 = 15,19 \text{ kN/m}$$

$$p_2 = p_{d,podesta} \cdot 1,2 = 9,867 \cdot 1,2 = 11,84 \text{ kN/m}$$

$$p_3 = p_{d,výstup.rameno} \cdot 1,2 = 12,60 \cdot 1,2 = 15,12 \text{ kN/m}$$

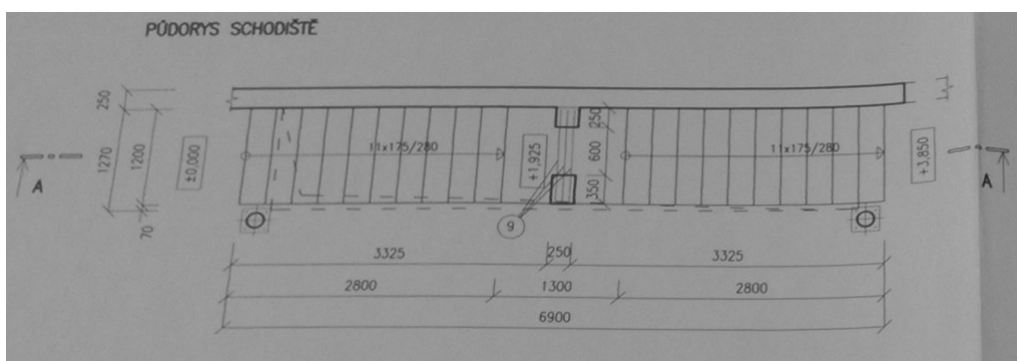
Hodnoty zatížení pro mezní stav použitelnosti:

$$p_{k,nástup.rameno} = (g'_k + g_{k,nástup} + q_k) \cdot 1,2 = (4,65 + 1,93 + 2,55) \cdot 1,2 = 12,66 \frac{kN}{m^2}$$

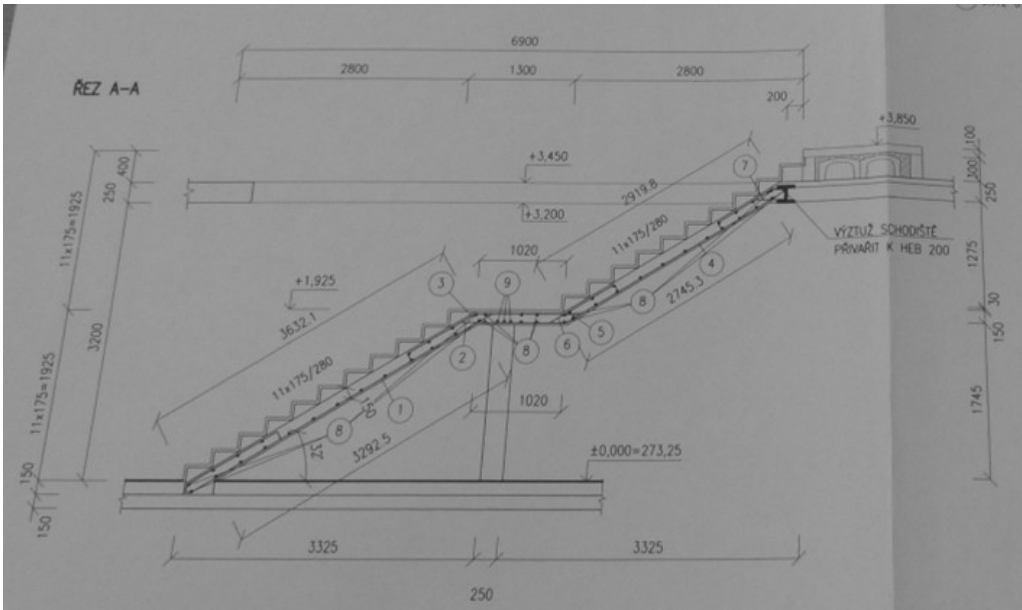
$$p_{d,podesta} = (g_k + q_k) \cdot 1,2 = (3,975 + 3) \cdot 1,2 = 8,37 \frac{kN}{m^2}$$

$$p_{k,výstup.rameno} = (g'_k + g_{k,výstup} + q_k) \cdot 1,2 = (4,65 + 1,88 + 2,55) \cdot 1,2 = 12,66 \frac{kN}{m^2}$$

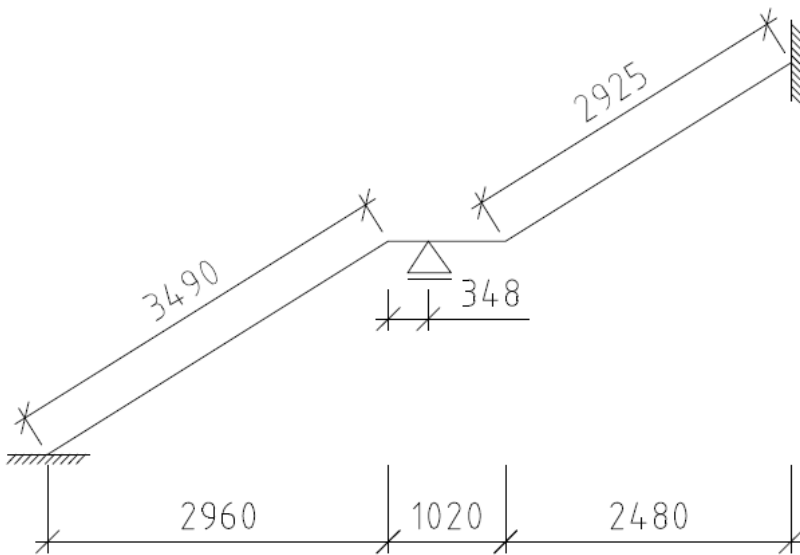
Vnitřní síly



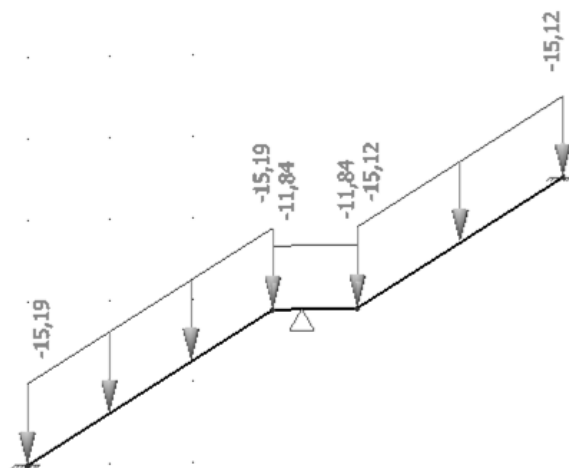
Obrázek 4.2 Půdorys schodiště. [8]



Obrázek 4.3 Řez schodištěm. [8]

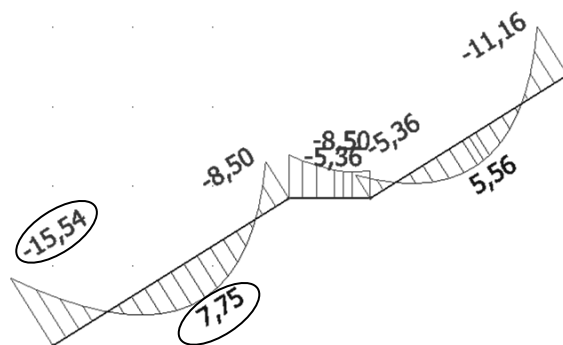


Obrázek 4.4 Statické schéma schodišťové desky.



Obrázek 4.5 Znáznornění zatížení na schodišťové desce v programu Scia Engineer.

4.2 Návrh a posudek vyztužení



Obrázek 4.6 Ohybové momenty od daného zatížení

➤ Vlastnosti materiálu

Beton C25/30

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_M} = \frac{25}{1,5} = 16,67 \text{ MPa}$$

Výztuž B 500 B

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_M} = \frac{500}{1,15} = 434,783 \text{ MPa}$$

➤ Krytí výztuže

Volím stejné krytí výztuže jako u stropní desky.

$$c_{nom} = 25 \text{ mm}$$

➤ Rozhodující návrhové momenty

Byly zvoleny 2 rozhodující momenty, jak je znázorněno na obrázku 3.6:

dolní výztuž:

$$m_{Ed} = 7,75 \text{ kNm} \quad \text{uprostřed nástupního ramene schodiště}$$

horní výztuž:

$$m_{Ed} = -15,54 \text{ kNm} \quad \text{v patě nástupního ramene schodiště}$$

Návrhy a posudky výztuží byly provedeny dle vztahů 3.6. až 3.12.:

Dolní výztuž - předpoklad: $\varnothing = 10 \text{ mm}$

$$m_{Ed} = 7,75 \text{ kNm}$$

$$d = h - c_{nom} - \frac{\varnothing}{2} = 150 - 25 - \frac{10}{2} = 120 \text{ mm} = 0,120 \text{ m}$$

$$A_{s,req} = \frac{M_{Ed}}{0,9 \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{7,75 \cdot 10^3}{0,9 \cdot 0,120 \cdot 434,783 \cdot 10^6} = 1,65 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$s = \frac{\pi \cdot \frac{\varnothing^2}{4}}{A_{s,req}} = \frac{\pi \cdot \frac{0,010^2}{4}}{1,65 \cdot 10^{-4}} = 0,476 \text{ m} \Rightarrow \text{navrhuji } 0,25 \text{ m kvůli konstrukčním zásadám}$$

$$A_s = \frac{1}{s} \cdot \frac{\pi \cdot \varnothing_x^2}{4} = \frac{1}{0,25} \cdot \frac{\pi \cdot 0,010^2}{4} = 3,14 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

Navržená výztuž: $\varnothing 10/250$ ($A_s = 314 \text{ mm}^2$)

Posouzení:

$$F_s = A_s \cdot f_{yd} = 3,14 \cdot 10^{-4} \cdot 434,783 \cdot 10^6 = 136\,521 \text{ N} = 136,52 \text{ kN}$$

$$x = \frac{F_s}{0,8 \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cd}} = \frac{136,52 \cdot 10^3}{0,8 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 16,67 \cdot 10^6} = 0,0085 \text{ m}$$

$$m_{Rd} = F_s \cdot (d - 0,4 \cdot x) = 136,52 \cdot 10^3 \cdot (0,12 - 0,4 \cdot 0,0085) = 15\,918 \text{ Nm}$$

$$m_{Rd} = 15,918 \text{ kNm} > m_{Ed} = 7,75 \text{ kNm}$$

Konstrukce vyhovuje pro dané zatížení.

Horní výztuž - předpoklad: $\varnothing = 10 \text{ mm}$

$$m_{Ed} = -15,54 \text{ kNm}$$

$$d = h - c_{nom} - \varnothing - \frac{\varnothing}{2} = 150 - 25 - 10 - \frac{10}{2} = 110 \text{ mm} = 0,110 \text{ m}$$

$$A_{s,req} = \frac{m_{Ed}}{0,9 \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{15,54 \cdot 10^3}{0,9 \cdot 0,110 \cdot 434,783 \cdot 10^6} = 3,61 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$s = \frac{\pi \cdot \frac{\varnothing^2}{4}}{A_{s,req}} = \frac{\pi \cdot \frac{0,010^2}{4}}{3,61 \cdot 10^{-4}} = 0,217 \text{ m} \Rightarrow \text{navrhuji } 0,20 \text{ m}$$

$$A_s = \frac{1}{s} \cdot \frac{\pi \cdot \varnothing_x^2}{4} = \frac{1}{0,20} \cdot \frac{\pi \cdot 0,01^2}{4} = 3,93 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

Navržená výztuž: $\varnothing 10/200$ ($A_s = 393 \text{ mm}^2$)

Posouzení:

$$F_s = A_s \cdot f_{yd} = 3,93 \cdot 10^{-4} \cdot 434,783 \cdot 10^6 = 170\,869\,N = 170,87\,kN$$

$$x = \frac{F_s}{0,8 \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cd}} = \frac{170,87 \cdot 10^3}{0,8 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 16,67 \cdot 10^6} = 0,0107\,m$$

$$m_{Rd} = F_s \cdot (d - 0,4 \cdot x) = 170,87 \cdot 10^3 \cdot (0,110 - 0,4 \cdot 0,0107) = 18\,064\,Nm$$

$$m_{Rd} = 18,06\,kN > m_{Ed} = 15,54\,kN$$

Konstrukce vyhovuje pro dané zatížení.

4.3 Konstrukční zásady

➤ Omezení množství tahové výztuže

Dle vztahů 3.13. až 3.15.:

	$A_{s,min}$ [mm ²]		A_{skut} [mm ²]		$A_{s,max}$ [mm ²]	posudek
dolní	162,24	<	314	<	6000	SPLNĚNO
horní	148,72	<	393	<	6000	SPLNĚNO

Tabulka 4.4 Ověření ploch pro horní a dolní výztuž.

Podmínky splněny.

➤ Omezení výšky tlačené oblasti

Dle vztahu 3.16.:

	x/d		ξ_{bal}	posudek
dolní	0,083	<	0,617	SPLNĚNO
horní	0,116	<	0,617	SPLNĚNO

Tabulka 4.5 Ověření poměru x/d pro horní a dolní výztuž.

Podmínky splněny.

➤ Maximální osová vzdálenost výztuže

Dle vztahu 3.17.:

	s_{max}		s	posudek
dolní	250	\geq	250	SPLNĚNO
horní	250	\geq	200	SPLNĚNO

Tabulka 4.6 Ověření osových vzdáleností pro horní a dolní výztuž.

Podmínky splněny.

➤ Minimální (světlá) vzdálenost výztuže

Dle vztahu 3.18.:

	s_{min}		s	posudek
dolní	21	\leq	240	SPLNĚNO
horní	21	\leq	190	SPLNĚNO

Tabulka 4.7 Ověření světlé vzdálenosti pro horní a dolní výztuž.

Podmínky splněny.

➤ Kotevní délka

Kotevní délky pro všechny použité průměry výztuží jsou uvedeny v tabulce č. 3.16.

4.4 MSP

4.4.1 Omezení napětí

Jelikož se schodiště nachází uvnitř objektu - prostředí X0, není zapotřebí omezovat tlaková napětí v betonu ani provádět jiná opatření.

4.4.2 Omezení trhlin

Pro stupeň prostředí X0 nemá šířka trhliny vliv na trvanlivost a v tomto případě nejsou kladeny požadavky na vzhled, jelikož není tato konstrukce běžně přístupná.

4.4.3 Ověření průhybu

A) Přepočet štíhlosti

Pro výpočet byly použity vztahy 3.24 až 3.28 jako u posudku pro stropní desku.

Údaje nástupního ramene a dolní výztuže:

$$l = 3,490 \text{ m}$$

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$A_{s,prov} = 314 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$A_{s,req} = 165 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$d = 0,12 \text{ m}$$

$K = 1,3$ pro krajní pole spojitě, křížem vyztužené desky

Výpočet geometrického stupně vyztužení:

$$\rho = \frac{A_{s,prov}}{b \cdot d} = \frac{314 \cdot 10^{-6}}{1,0 \cdot 0,12} = 2,617 \cdot 10^{-3}$$

Výpočet referenčního stupně vyztužení:

$$\rho_0 = \sqrt{f_{ck}} \cdot 10^{-3} = \sqrt{25} \cdot 10^{-3} = 5 \cdot 10^{-3}$$

Porovnání hodnot stupňů vyztužení:

$$\rho = 2,617 \cdot 10^{-3} < \rho_0 = 5 \cdot 10^{-3}$$

Platí vztah 3.25.:

$$\lambda_{lim} = 1,3 \cdot \left[11 + 1,5 \cdot \sqrt{25} \cdot \frac{5}{2,617} + 3,2 \cdot \sqrt{25} \left(\frac{5}{2,617} - 1 \right)^{\frac{3}{2}} \right]$$

$$\lambda = 51,00$$

Posouzení:

$$\frac{l}{d} = \frac{3,49}{0,12} \leq \lambda_{lim}$$

$$29 \leq 51$$

Podmínka splněna.

Údaje výstupního ramene a dolní výztuže:

$$l = 2,925 \text{ m}$$

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$A_{s,prov} = 314 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$A_{s,req} = 165 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$d = 0,12 \text{ m}$$

$K = 1,5$ pro vnitřní pole spojitě, křížem vyztužené desky

$$\rho = 2,617 \cdot 10^{-3} < \rho_0 = 5 \cdot 10^{-3}$$

Platí vztah 3.25.:

$$\lambda_{lim} = K \cdot \left[11 + 1,5 \sqrt{f_{ck}} \cdot \frac{\rho_0}{\rho} + 3,2 \sqrt{f_{ck}} \left(\frac{\rho_0}{\rho} - 1 \right)^{\frac{3}{2}} \right]$$

$$\lambda_{lim} = 1,5 \cdot \left[11 + 1,5 \cdot \sqrt{25} \cdot \frac{5}{2,617} + 3,2 \cdot \sqrt{25} \left(\frac{5}{2,617} - 1 \right)^{\frac{3}{2}} \right]$$

$$\lambda = 59$$

Posouzení:

$$\frac{l}{d} = \frac{2,925}{0,12} \leq \lambda_{lim}$$

$$24 \leq 59$$

Podmínka splněna.

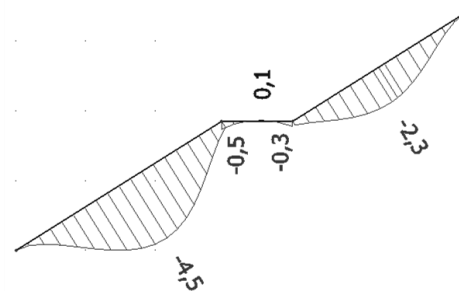
B) Ověření v programu Scia Engineer

V programu Scia Engineer byly ověřeny průhyby schodišťových ramen. Zatížení bylo zadáno v charakteristických hodnotách a výsledky splňují požadavek na průhyb, který je dán vztahem 4.2. [4]

$$w \leq w_{lim} = \frac{L}{200} \quad (4.2.)$$

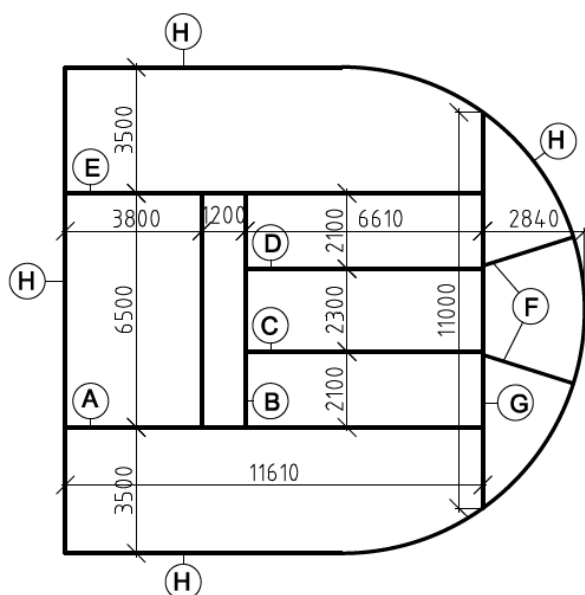
$$w = 4,5 \text{ mm} \leq w_{lim} = \frac{3\,490}{200} = 17,5 \text{ mm}$$

Podmínka splněna.



Obrázek 4.7 Průhyby schodišťových ramen od zatěžovacích stavů MSP.

5 STROPNÍ NOSNÍKY



Obrázek 5.1 Schéma označení stropních průvlaků.

5.1 Ohyb

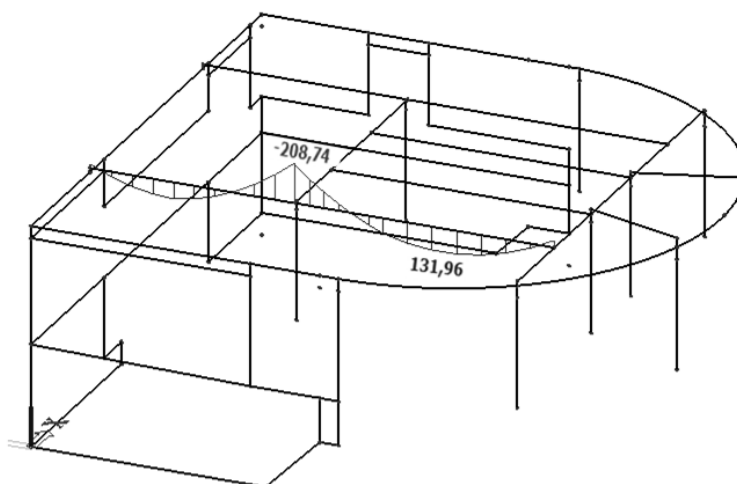
Při návrhu trámu nebylo uvažováno se spolupůsobící šířkou desky ani s redukcí momentů nad podporou.

5.1.1 Návrh a posudek výztuže

Návrhové ohybové momenty pro trám A:

$$M_{Ed}^{-} = -208,74 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed}^{+} = 131,96 \text{ kNm}$$



Obrázek 5.2 Průběh ohybových momentů na trámu A.

➤ **Materiál**

Beton C25/30

Výztuž B 500 B

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_M} = \frac{25}{1,5} = 16,67 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_M} = \frac{500}{1,15} = 434,783 \text{ MPa}$$

➤ **Krytí výztuže**Stupeň vlivu prostředí: suché \Rightarrow XC1konstrukční třída: S4 \Rightarrow objekty o návrhové životnosti 50 let

Zvolený průměr třmínků: 10 mm

Zvolený průměr hlavní výztuže: 20 mm

Pro krytí výztuže platí vztahy 3.3. a 3.4., ale je nutné pamatovat, že kolem hlavní výztuže jsou ovinuty ještě třmínky, které musí být rovněž chráněny krycí vrstvou.

krytí třmínků

$$c_{min,sw} = \max(10; 15; 10 \text{ mm}) = 15 \text{ mm}$$

krytí hlavní výztuže

$$c_{min,1} = \max(20; 15; 10 \text{ mm}) = 20 \text{ mm}$$

$$c_{min,2} = c_{min,sw} + \phi_{sw} = 20 + 10 = 30 \text{ mm}$$

Dosazení do vztahu 2.2:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 30 + 5 = 35 \text{ mm}$$

Dle vztahů 3.6. až 3.12.:

Dolní výztuž - navrhuji $\varnothing 20$

$$d = h - c_{desky} - \phi_{desky,Y} - \phi_{desky,X} - \frac{\phi_{trámu}}{2}$$

$$d = 450 - 25 - 12 - 8 - \frac{20}{2} = 395 \text{ mm} = 0,395 \text{ m}$$

$$A_{s,req} = \frac{M_{Ed}}{0,9 \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{208,74}{0,9 \cdot 0,395 \cdot 434,783 \cdot 10^3} = 1,35 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$n = \frac{A_{s,req} \cdot 4}{\pi \cdot \phi^2} = \frac{1,35 \cdot 10^{-3} \cdot 4}{\pi \cdot 0,02^2} = 4,3 \Rightarrow \text{navrhuji 6 ks}$$

$$A_s = n \cdot \frac{\pi \cdot \phi^2}{4} = 6 \cdot \frac{\pi \cdot 20^2}{4} = 1,885 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

Návrh: 6 $\varnothing 20$ ($A_s = 1\,885 \text{ mm}^2$)

$$F_s = A_s \cdot f_{yd} = 1,885 \cdot 10^{-3} \cdot 434,783 \cdot 10^3 = 819,55 \text{ kN}$$

$$x = \frac{F_s}{0,8 \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cd}} = \frac{819,55 \cdot 10^3}{0,8 \cdot 0,3 \cdot 1,0 \cdot 16,66 \cdot 10^6} = 0,205 \text{ m}$$

$$M_{Rd} = F_s \cdot (d - 0,4 \cdot x) = 819,55 \cdot 10^3 \cdot (0,395 - 0,4 \cdot 0,205) = 256 519 \text{ Nm}$$

$$M_{Rd} = 256,52 \text{ kNm} > M_{Ed} = 208,74 \text{ kNm}$$

Konstrukce vyhovuje pro dané zatížení.

Dolní výztuž - navrhují Ø 20

$$d = h - c_{trámu} - \frac{\emptyset_{trámu}}{2} = 450 - 35 - \frac{20}{2} = 405 \text{ mm} = 0,405 \text{ m}$$

$$A_{s,req} = \frac{M_{Ed}}{0,9 \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{131,96}{0,9 \cdot 0,405 \cdot 434,783 \cdot 10^3} = 8,1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$n = \frac{A_{s,req} \cdot 4}{\pi \cdot \emptyset^2} = \frac{8,1 \cdot 10^{-4} \cdot 4}{\pi \cdot 0,020^2} = 2,6 \Rightarrow \text{navrhují 3 ks}$$

$$A_s = n \cdot \frac{\pi \cdot \emptyset^2}{4} = 3 \cdot \frac{\pi \cdot 0,020^2}{4} = 9,42 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

Návrh: 3 Ø 20 ($A_s = 942 \text{ mm}^2$)

$$F_s = A_s \cdot f_{yd} = 9,42 \cdot 10^{-4} \cdot 434,783 \cdot 10^3 = 409,57 \text{ kN}$$

$$x = \frac{F_s}{0,8 \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cd}} = \frac{409,57 \cdot 10^3}{0,8 \cdot 0,3 \cdot 1,0 \cdot 16,66 \cdot 10^6} = 0,102 \text{ m}$$

$$M_{Rd} = F_s \cdot (d - 0,4 \cdot x) = 409,57 \cdot 10^3 \cdot (0,405 - 0,4 \cdot 0,102) = 149 165 \text{ Nm}$$

$$M_{Rd} = 149,17 \text{ kNm} > M_{Ed} = 131,91 \text{ kNm}$$

Konstrukce vyhovuje pro dané zatížení.

Návrhy a posouzení výztuží pro jednotlivé trámy jsou uvedeny v tabulce č. 5.1.

trám	rozměry [mm]		M_{Ed} [kNm]	\emptyset třmínků	\emptyset výztuže [mm]	d [m]	$A_{s,req}$ [m ²]	n [ks]	A_s [m ²]	F_s [kN]	x [m]	M_{Rd} [kNm]	M_{Ed}/M_{Rd} [%]
A	b	300	-208,74	10	20	0,395	0,00135	6	0,00188	819,55	0,205	256,56	81
	h	450	131,96		20	0,405	0,00083	3	0,00094	409,77	0,102	149,17	88
B	b	300	-118,15	10	20	0,375	0,00081	3	0,00094	409,77	0,102	136,87	86
	h	450	78,66		20	0,385	0,00052	3	0,00094	409,77	0,102	140,97	56
C	b	300	-87,58	8	16	0,297	0,00075	6	0,00121	524,51	0,131	128,27	68
	h	350	121,34		20	0,305	0,00102	4	0,00126	546,36	0,137	136,79	89
D	b	300	-87,68	8	20	0,295	0,00076	3	0,00094	409,77	0,102	104,09	84
	h	350	121,51		20	0,305	0,00102	4	0,00126	546,36	0,137	136,79	89
E	b	300	-212,04	10	20	0,395	0,00137	6	0,00188	819,55	0,205	256,56	83
	h	450	135,09		20	0,405	0,00085	3	0,00094	409,77	0,102	149,17	91
F	b	150	-26,71	6	16	0,301	0,00023	2	0,00040	174,84	0,087	46,51	57
	h	350	7,39		10	0,320	0,00006	2	0,00016	68,30	0,034	20,92	35
G	b	300	-64,95	8	20	0,375	0,00044	2	0,00063	273,18	0,068	94,98	68
	h	450	82,19		20	0,405	0,00052	2	0,00063	273,18	0,068	103,18	80
H	b	300	-88,45	10	20	0,395	0,00057	3	0,00094	409,77	0,102	145,07	61
	h	450	51,33		20	0,405	0,00032	2	0,00063	273,18	0,068	103,18	50

Tabulka 5.1 Návrhy a posudky jednotlivých trámů s uvedením procentuálního využití prvku.

5.1.2 Konstrukční zásady

➤ Omezení množství tahové výztuže

Dle vzorců 3.13. až 3.15.:

trám	$A_{s,min} [mm^2]$		$A_{skut} [mm^2]$		$A_{s,max} [mm^2]$	posudek
A	160	<	1885	<	5400	SPLNĚNO
	164		942			
B	152		942			
	156		942			
C	120		1206		3500	SPLNĚNO
	124		1257			
D	120		942			
	124		1257			
E	160		1885		5400	SPLNĚNO
	164		942			
F	61		402		2100	SPLNĚNO
	65		157			
G	152		628		5400	SPLNĚNO
	164		628			
H	160		942		2800	SPLNĚNO
	164		628			

Tabulka 5.2 Ověření ploch jednotlivých výztuží.

Podmínky splněny.

➤ Omezení výšky tlačené oblasti

Dle vzorce 3.16.:

trám	x/d		ξ_{bal}	posudek
A	0,519	<	0,617	SPLNĚNO
	0,253			SPLNĚNO
B	0,273			SPLNĚNO
	0,266			SPLNĚNO
C	0,442			SPLNĚNO
	0,448			SPLNĚNO
D	0,347			SPLNĚNO
	0,448			SPLNĚNO
E	0,519			SPLNĚNO
	0,253			SPLNĚNO
F	0,290			SPLNĚNO
	0,107			SPLNĚNO
G	0,182			SPLNĚNO
	0,169			SPLNĚNO
H	0,259			SPLNĚNO
	0,169			SPLNĚNO

Tabulka 5.3 Ověření poměru X/d jednotlivých výztuží.

Podmínky splněny.

➤ Maximální osová vzdálenost výztuže

Maximální osová vzdálenost prutů výztuže je dána vztahem 3.17 a skutečná osová vzdálenost prutů v trámu je dána vztahem 5.1.:

$$s = \frac{b_w - 2 \cdot c_{nom}}{n - 1} \quad (5.1.)$$

s	s_{max}	posudek
48	< 250	SPLNĚNO
120		SPLNĚNO
120		SPLNĚNO
120		SPLNĚNO
48		SPLNĚNO
80		SPLNĚNO
120		SPLNĚNO
80		SPLNĚNO
48		SPLNĚNO
120		SPLNĚNO
90		SPLNĚNO
90		SPLNĚNO
240		SPLNĚNO
240		SPLNĚNO
120		SPLNĚNO
240		SPLNĚNO

Tabulka 5.4 Ověření maximálních osových vzdáleností prutů jednotlivých výztuží.

Podmínky splněny.

➤ Minimální světlá vzdálenost prutů

Minimální světlá vzdálenost prutů výztuže je dána vztahem 3.18. a skutečná vzdálenost prutů v trámu je dána vztahem 5.2.:

$$s_{skut} = \frac{b_w - 2 \cdot c_{nom} - n \cdot \emptyset}{n - 1} \quad (5.2.)$$

s_{skut}	s_{min}	posudek
26	> 21	SPLNĚNO
95		SPLNĚNO
95		SPLNĚNO
95		SPLNĚNO
31		SPLNĚNO
57		SPLNĚNO
95		SPLNĚNO
57		SPLNĚNO
26		SPLNĚNO
95		SPLNĚNO
68		SPLNĚNO
80		SPLNĚNO
210		SPLNĚNO
210		SPLNĚNO
95		SPLNĚNO
210		SPLNĚNO

Tabulka 5.5 Ověření minimálních vzdáleností prutů jednotlivých výztuží.

Podmínky splněny.

➤ Kotevní délka

Kotevní délky pro všechny použité průměry výztuží jsou uvedeny v tabulce č. 3.16.

5.2 Smyk

5.2.1 Výpočet únosnosti ve smyku bez smykové výztuže

Pokud je splněna níže uvedená podmínka, nevyžadují trámy návrh smykové výztuže:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,c} \quad (5.3.)$$

Návrhová únosnost ve smyku bez smykové výztuže se spočítá vztahem:

$$V_{Rd,c} = \left[C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d \quad (5.4.)$$

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12 \text{ MPa} \quad (5.5.)$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0 \quad (5.6.)$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} \leq 0,02 \quad (5.7.)$$

Příznivý vliv normálové síly je zanedbáván $\Rightarrow k_1 \cdot \sigma_{cp} = 0$

V tabulkách níže jsou vypočítány návrhové únosnosti bez smykové výztuže pro všechny trámy dle uvedených vztahů. Podmínka 5.3. není splněna. Pro všechny prvky je nutné navrhnout smykovou výztuž.

trám	V_{Ed} [kN]	d [m]	k [-]	A_{sl} [m ²]	ρ_l [-]	$V_{Rd,c}$ [kN]	$V_{Ed} < V_{Rd}$
A	183,27	0,395	1,712	0,000942	0,008	32,97	nesplněno
B	372,13	0,375	1,730	0,000942	0,008	32,19	nesplněno
C	118,66	0,297	1,821	0,001257	0,014	31,92	nesplněno
D	118,74	0,295	1,823	0,001257	0,014	31,82	nesplněno
E	186,37	0,395	1,712	0,000942	0,008	32,97	nesplněno
F	40,26	0,301	1,815	0,000157	0,002	16,05	nesplněno
G	96,21	0,375	1,730	0,000628	0,006	28,12	nesplněno
H	162,85	0,395	1,712	0,000628	0,005	28,80	nesplněno

Tabulka 5.6 Posouzení jednotlivých trámů v krajním rámu na smyk bez smykové výztuže.

5.2.2 Výpočet únosnosti se smykovou výztuží

Pro prvky se svislou smykovou výztuží je únosnost ve smyku menší z hodnot $V_{Rd,s}$ a $V_{Rd,max}$.

$$V_{Ed} \leq \{V_{Rd,s}; V_{Rd,max}\} \quad (5.8.)$$

$$V_{Rd,s} = A_{sw} \cdot \frac{1,0}{s_l} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta \quad (5.9.)$$

$$A_{sw} = n \cdot \pi \cdot \frac{\emptyset^2}{4} \quad (5.10.)$$

$$z = 0,9 \cdot d \quad (5.11.)$$

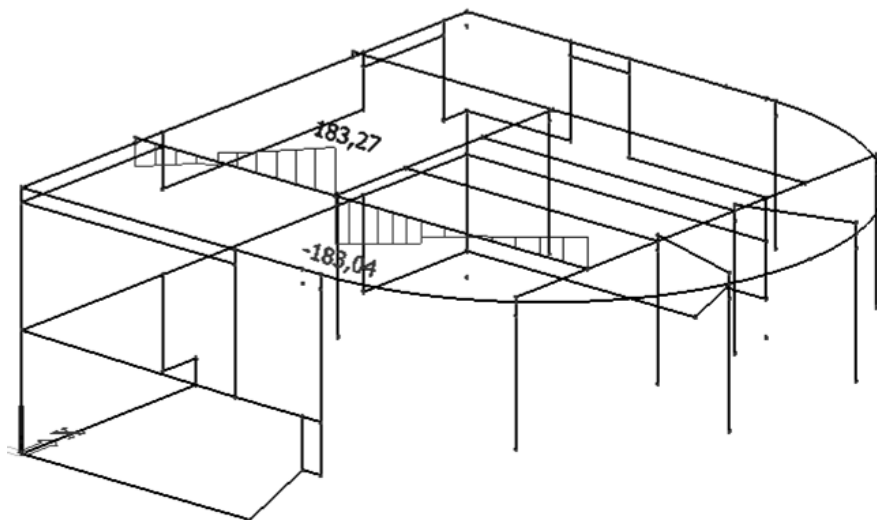
$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot \frac{f_{cd}}{\cot \theta \cdot \tan \theta} \quad (5.12.)$$

$$v_1 = 0,6 \cdot \left[1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] \quad (5.13.)$$

Vzorový výpočet pro trám A:

➤ Vnitřní síly

$$V_{Ed} = 184,68 \text{ kN}$$



Obrázek 5.3 Průběh posouvajících sil na trámu A.

➤ Návrh a posouzení smykové výztuže

Návrh svislých třmínků: **2 x Ø 10/100**

Dosazení do výše uvedených vztahů:

$$z = 0,9 \cdot d = 0,9 \cdot 0,395 = 0,356 \text{ m}$$

$$A_{sw} = n \cdot \pi \cdot \frac{\emptyset^2}{4} = 2 \cdot \pi \cdot \frac{0,010^2}{4} = 1,57 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

uvažuji $\theta = 45^\circ \rightarrow \cot\theta = 1$

$$V_{Rd,s} = A_{sw} \cdot \frac{1,0}{s_l} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot\theta = 1,57 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{1,0}{0,1} \cdot 0,356 \cdot 434,783 \cdot 10^3 \cdot 1$$

$$V_{Rd,s} = 243 \text{ kN}$$

$$v_1 = 0,6 \cdot \left[1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0,6 \cdot \left[1 - \frac{25}{250} \right] = 0,54$$

$\alpha_{cw} = 1$ pro nepředpjaté konstrukce

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot \frac{f_{cd}}{\cot\theta \cdot \tan\theta} = 1 \cdot 0,3 \cdot 0,356 \cdot 0,54 \cdot \frac{16,67 \cdot 10^3}{1 \cdot 1}$$

$$V_{Rd,max} = 961,4 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \min\{V_{Rd,s}; V_{Rd,max}\} = \min\{243; 961,4\} = 243 \text{ kN}$$

Posudek:

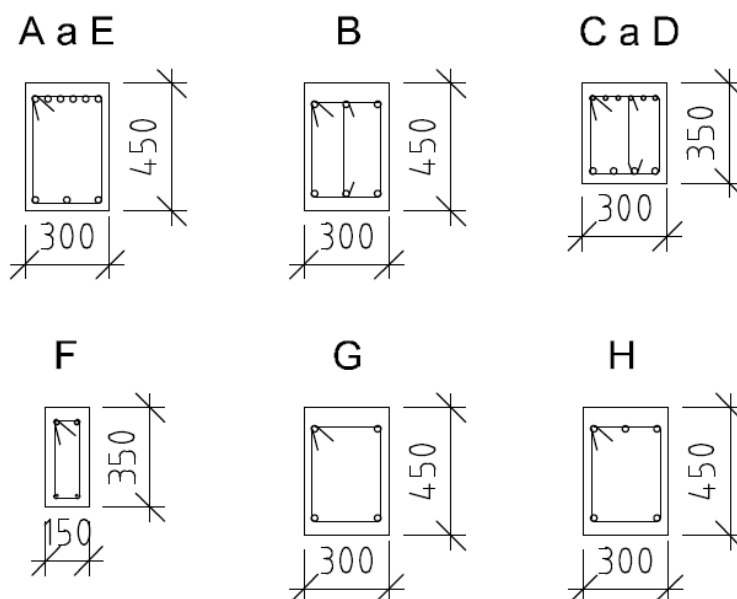
$$V_{Ed} = 184,68 \text{ kN} \leq V_{Rd} = 243 \text{ kN}$$

Konstrukce vyhovuje pro dané zatížení.

Návrhy a posudky smykové výztuže pro jednotlivé trámy jsou uvedeny v tabulce 5.7. Uspořádání výztuže je pak patrné z obrázku č. 5.4. U všech byl uvažován úhel mezi betonovými tlakovými diagonálami a osou nosníku kolmou na posouvající sílu $\theta = 45^\circ \rightarrow \cot\theta = 1$. Dle normy [2] lze hodnotu $\cot\theta$ uvažovat z intervalu od 1 do 2,5. V případě trámu B původně smyková výztuž nevyhověla o 10 %. Aby nemusel být průřez ještě více vyztužen, byla uvažována hodnota $\cot\theta = 1,1$ a tím se smyková únosnost dostatečně navýšila. Hodnota úhlu θ v tomto případě odpovídá úhlu přibližně 42° a do vztahu 5.12. byla dosazena hodnota $\tan\theta = 0,9$.

trám	V_{Ed} [kN]	n [ks]	\emptyset třmínků [mm]	s_l [m]	A_{sw} [m ²]	d [m]	z [m]	$V_{Rd,max}$ [kN]	$V_{Rd,s}$ [kN]	$V_{Ed} < V_{Rd}$
A	183,27	2	10	0,1	0,000157	0,395	0,356	959,85	242,79	splněno
B	372,13	3	10	0,1	0,000236	0,375	0,338	745,57	380,32	splněno
C	118,66	3	8	0,1	0,000151	0,297	0,267	721,71	175,25	splněno
D	118,74	3	8	0,1	0,000151	0,295	0,266	716,85	174,07	splněno
E	186,37	2	10	0,1	0,000157	0,395	0,356	959,85	242,79	splněno
F	40,26	2	6	0,1	0,000057	0,301	0,271	365,72	66,60	splněno
G	96,21	2	8	0,1	0,000101	0,375	0,338	911,25	147,52	splněno
H	162,85	2	10	0,1	0,000157	0,345	0,311	838,35	212,06	splněno

Tabulka 5.7 Výpočet smykové únosnosti pro jednotlivé trámy.



Obrázek 5.4 Schémata vyztužení jednotlivých trámů.

5.2.3 Konstrukční zásady pro smykovou výztuž

➤ Min stupeň vyztužení

$$\rho_{sw} = \frac{A_{sw}}{s_l \cdot b_w \cdot \sin \alpha} \geq \rho_{sw,min} = \frac{0,08 \cdot f_{ck}}{f_{yk}} \quad (5.14.)$$

$$\rho_{sw} = \frac{1,57 \cdot 10^{-4}}{0,1 \cdot 0,3 \cdot \sin(90)} = 5,2 \cdot 10^{-3} \geq \rho_{sw,min} = \frac{0,08 \cdot \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = \frac{0,08 \cdot \sqrt{25}}{500} = 8 \cdot 10^{-4}$$

Podmínka splněna.

trám	ρ_{sw}		$\rho_{sw,min}$	posudek
A	0,005236	>	0,0008	SPLNĚNO
B	0,007854			SPLNĚNO
C	0,005027			SPLNĚNO
D	0,005027			SPLNĚNO
E	0,005236			SPLNĚNO
F	0,00377			SPLNĚNO
G	0,003351			SPLNĚNO
H	0,005236			SPLNĚNO

Tabulka 5.8 Ověření minimálního stupně smykového vyztužení pro jednotlivé trámy.

Podmínky splněny.

➤ Max příčná osová vzdálenost mezi větvemi třmínků:

$$s_t = b_w - 2 \cdot \left(c_{trámu} + \frac{\phi_{sw}}{2} \right) \leq s_{t,max} = \min \left\{ 0,75 \cdot d \cdot (1 + \cot \alpha), 600 \text{ mm} \right\} \quad (5.15.)$$

$$s_t = 300 - 2 \cdot \left(30 + \frac{10}{2}\right) = 230 \text{ mm} \leq s_{t,max} = \min \left\{ \begin{matrix} 0,75 \cdot 395 \cdot 1 \\ 600 \text{ mm} \end{matrix} \right\} = 296 \text{ mm}$$

Podmínka splněna.

trám	s_t	$s_{t,max}$	posudek
A	230	296	SPLNĚNO
B	120	281	SPLNĚNO
C	126	223	SPLNĚNO
D	126	221	SPLNĚNO
E	230	296	SPLNĚNO
F	84	226	SPLNĚNO
G	232	281	SPLNĚNO
H	230	259	SPLNĚNO

Tabulka 5.9 Ověření maximálních osových vzdáleností mezi větvemi třmínků.

Podmínky splněny.➤ **Max podélná vzdálenost mezi třmínky**

$$s_b \leq s_{b,max} = 0,6 \cdot d \cdot (1 + \cot \alpha) \quad (5.16.)$$

$$s_b = 100 \text{ mm} \leq s_{b,max} = 0,6 \cdot d \cdot 1 = 0,6 \cdot 395 = 237 \text{ mm}$$

Podmínka splněna.

trám	s_b	$s_{b,max}$	posudek
A	100	237	SPLNĚNO
B		225	SPLNĚNO
C		178	SPLNĚNO
D		177	SPLNĚNO
E		237	SPLNĚNO
F		181	SPLNĚNO
G		225	SPLNĚNO
H		207	SPLNĚNO

Tabulka 5.10 Ověření maximální podélné vzdálenosti mezi třmínky v jednotlivých trámech.

*Podmínky splněny.***5.3 Mezní ohybová štíhlost**

Pro výpočet byly použity vztahy 3.24. až 3.28. jako u posudku pro stropní desku.

Vzorový výpočet pro trám A:

Údaje potřebné k tomuto posudku:

$$l = 6,61 \text{ m}$$

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

Dolní výztuž:

$$d = 0,405 \text{ m}$$

$$A_{s,prov} = 940 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,req} = 830 \text{ mm}^2$$

$K = 1,5$ pro vnitřní pole nosníku

Výpočet geometrického stupně vyztužení:

$$\rho = \frac{A_{s,req}}{b \cdot d} = \frac{830 \cdot 10^{-6}}{0,3 \cdot 0,405} = 6,83 \cdot 10^{-3}$$

Výpočet referenčního stupně vyztužení:

$$\rho_0 = \sqrt{f_{ck}} \cdot 10^{-3} = \sqrt{25} \cdot 10^{-3} = 5 \cdot 10^{-3}$$

Porovnání hodnot stupňů vyztužení:

$$\rho = 7,74 \cdot 10^{-3} > \rho_0 = 5 \cdot 10^{-3}$$

Platí vztah 3.26.:

$$\lambda_{lim} = K \cdot \left[11 + 1,5\sqrt{f_{ck}} \cdot \frac{\rho_0}{\rho - \rho'} + \frac{1}{12}\sqrt{f_{ck}} \sqrt{\frac{\rho'}{\rho_0}} \right]$$

Požadovaný stupeň vyztužení tlakovou výztuží:

$$\rho' = 0$$

$$\lambda_{lim} = 1,5 \cdot \left[11 + 1,5\sqrt{25} \cdot \frac{5 \cdot 10^{-3}}{6,83 \cdot 10^{-3}} \right]$$

$$\lambda_{lim} = 24$$

Posouzení:

$$\frac{l}{d} = \frac{6,61}{0,405} \leq \lambda_{lim}$$

$$16 \leq 24$$

Podmínka splněna.

6 SLOUPY

➤ Materiál

Stejně jako u ostatních navrhovaných prvků železobetonové konstrukce volím:

Beton C25/30

Výztuž B 500 B

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_M} = \frac{25}{1,5} = 16,67 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_M} = \frac{500}{1,15} = 434,783 \text{ MPa}$$

➤ Krytí výztuže

Stupeň vlivu prostředí: suché \Rightarrow XC1

konstrukční třída: S4 \Rightarrow objekty o návrhové životnosti 50 let

Předběžný průměr třmínků: 6 mm

Předběžný průměr hlavní výztuže: 12 mm

krytí třmínků

$$c_{min,sw} = \max(6; 15; 10 \text{ mm}) = 15 \text{ mm}$$

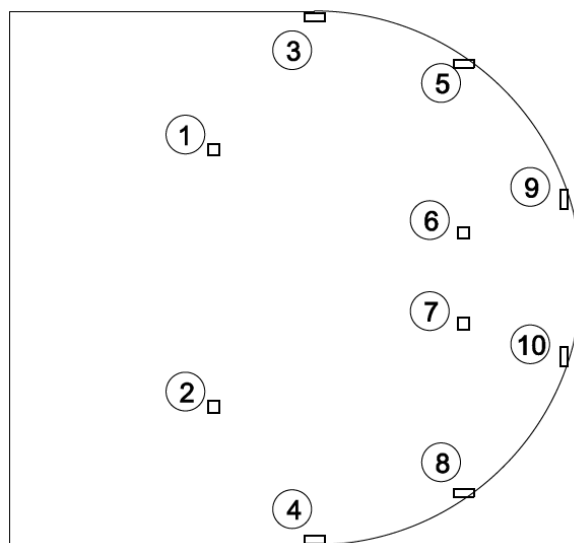
krytí hlavní výztuže

$$c_{min,1} = \max(22; 15; 10 \text{ mm}) = 22 \text{ mm}$$

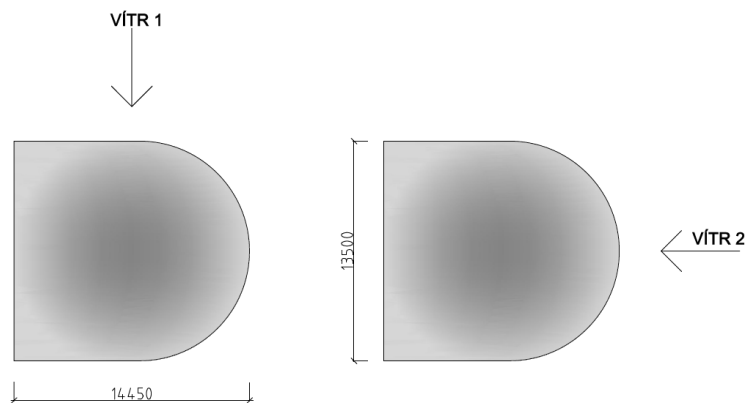
$$c_{min,2} = c_{min,sw} + \emptyset_{sw} = 15 + 6 = 21 \text{ mm}$$

Dosazení do vztahu 3.3.:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 22 + 8 = 30 \text{ mm}$$



Obrázek 6.1 Schéma sloupů.



Obrázek 6.3 Schémata uvažování působení větru na budovu

Plocha vystavená větru je větší než $10 \text{ m}^2 \Rightarrow c_{pe,10}$

Součinitel drsnosti

$$c_r(z) = k_z \cdot \ln \frac{z}{z_0} \quad (6.4.)$$

Předměstská oblast \Rightarrow terén kategorie III:

$$z_0 = 0,3$$

$$z_{0,II} = 0,05$$

$$z_{min} = 5 \text{ m}$$

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07} \quad (6.5.)$$

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{0,3}{0,005} \right)^{0,07} = 0,215$$

Dosazení do vztahu 6.4:

$$c_r(h) = k_r \cdot \ln \frac{h}{z_0} = 0,215 \cdot \ln \frac{5,2}{0,3} = 0,613$$

$$c_0(z) = 1,0$$

Charakteristická střední rychlost větru:

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b \quad (6.6.)$$

$$v_m(h) = 0,613 \cdot 1 \cdot 22,5 = 13,79$$

Základní tlak větru:

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 \quad (6.7.)$$

$$\rho = 1,25 \frac{kg}{m^3}$$

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 22,5^2 = 316,4 \frac{N}{m^2}$$

Maximální charakteristický tlak:

$$q_p(z) = c_e(z) \cdot q_b \quad (6.8.)$$

$$c_e(z) = [1 + 7 \cdot I_v(h)] \cdot c_0(z)^2 \cdot c_r(z)^2 \quad (6.9.)$$

$$I_v(z) = \frac{k_1}{c_0(z) \cdot \ln \frac{z}{z_0}} \quad (6.10.)$$

$$k_1 = 1,0$$

$$I_v(h) = \frac{k_1}{c_0(z) \cdot \ln \frac{h}{z_0}} = \frac{1}{1 \cdot \ln \frac{5,2}{0,3}} = 0,35 \quad (6.11.)$$

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(h)] \cdot c_0(z)^2 \cdot c_r(z)^2 \cdot q_b \quad (6.12.)$$

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot 0,35] \cdot 1^2 \cdot 0,613^2 \cdot 316,4 = 410,18 \frac{N}{m^2} = 0,41 \frac{kN}{m^2}$$

Tlak na stěny:

$$w_k = q_p \cdot (c_{pe} - c_{pi}) \quad (6.13.)$$

Pro určení součinitelů vnějších tlaků je nutné znát velikost poměru výšky a délky objektu. Výška objektu je 5,2 m a půdorysné rozměry jsou naznačeny na obrázku 6.3. Na stranu bezpečnou bylo uvažováno, že celá oblast, na kterou vítr vyvíjí tlak, je oblast D a tam, kde se projevuje sání je oblast A.

$$\frac{h}{d} = \frac{5,2}{13,5} = 0,39$$

tlak: $c_{pe} = 0,75$; $c_{pi} = -0,3$

$$\text{stěny: } w_k = 0,41 \cdot (0,75 + 0,3) = 0,43 \frac{kN}{m^2} \quad (6.14.)$$

$$\text{sloupy: } q = b \cdot w_k = 2,12 \cdot 0,41 \cdot (0,75 + 0,3) = 0,91 \frac{kN}{m} \quad (6.15.)$$

sání: $c_{pe} = -1,2$; $c_{pi} = -0,3$

$$\text{stěny: } w_k = 0,41 \cdot (-1,2 + 0,3) = -0,365 \frac{kN}{m^2} \quad (6.16.)$$

$$\text{sloupy: } q = b \cdot w_k = 2,12 \cdot 0,41 \cdot (-1,2 + 0,3) = 0,78 \frac{kN}{m} \quad (6.17.)$$

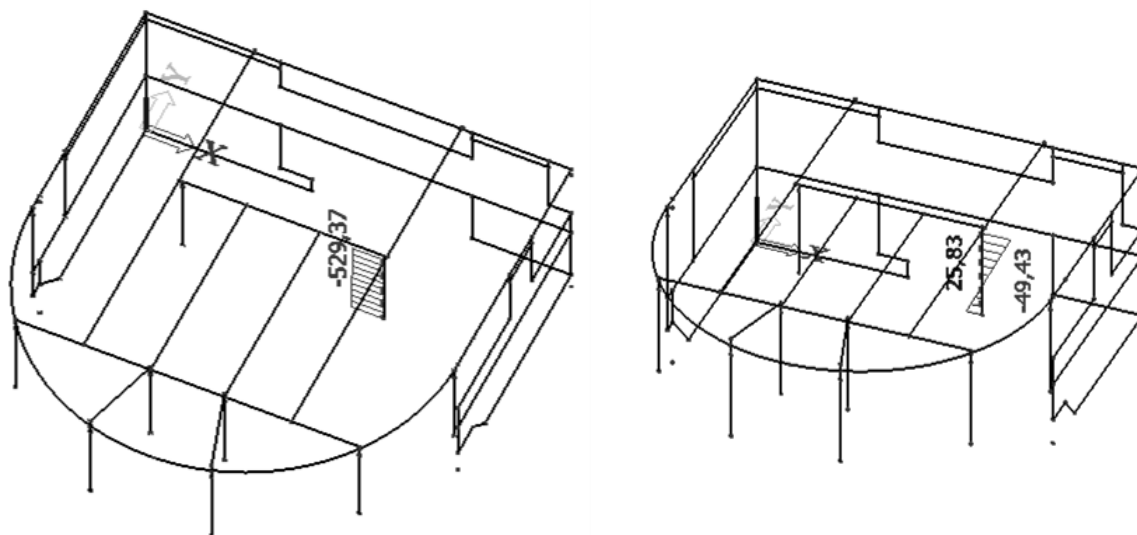
6.2 Návrh výztuže

Vzorový výpočet pro sloup 1 a ohybový moment M_y

Zatížení v hlavě sloupu

$$N_{Ed,max} = -529,37 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,přísl} = -49,43 \text{ kNm}$$

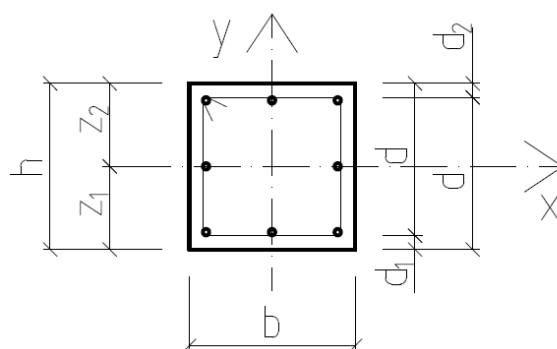


Obrázek 6.4 Průběh vnitřních sil na posuzovaném sloupu.

➤ Parametry sloupu

Výztuž: 8 x Ø 12

Rozměry: 300 x 300



Obrázek 6.5 Schéma průřezu sloupu

$$h = b = 300 \text{ mm}$$

$$d = h - c_{nom} - \phi_{sw} - \frac{\phi}{2} = 300 - 30 - 6 - \frac{12}{2} = 258 \text{ mm} = 0,258 \text{ m}$$

$$d_1 = d_2 = c_{nom} + \phi_{sw} + \frac{\phi}{2} \quad (6.18.)$$

$$d_1 = d_2 = 30 + 6 + \frac{12}{2} = 42 \text{ mm}$$

$$z_1 = z_2 = \frac{h - d_1 - d_2}{2} \quad (6.19.)$$

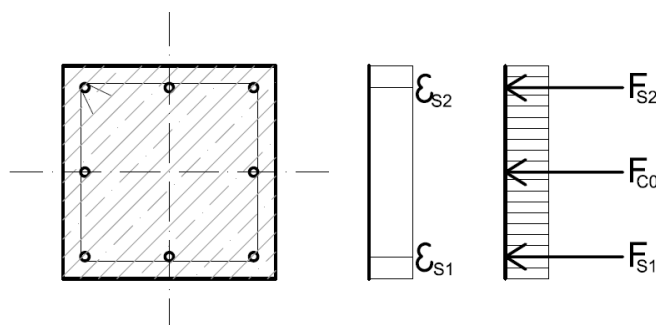
$$z_1 = z_2 = \frac{300 - 42 - 42}{2} = 108 \text{ mm} = 0,108 \text{ m}$$

$$A_{s1} = A_{s2} = \pi \cdot r^2 \cdot n \quad (6.20.)$$

$$A_{s1} = A_{s2} = \pi \cdot \left(\frac{12}{2}\right)^2 \cdot 3 = 339 \text{ mm}^2 = 3,39 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

6.3 Posouzení - interakční diagram

➤ **Bod 0: celý průřez je tlačný**



Obrázek 6.6 Dostředný tlak, bod „0“

$$E_s = 200 \text{ GPa}$$

$$\varepsilon_{s1} = \varepsilon_{s2} = 0,002$$

$$\sigma_{s1} = \sigma_{s2} = E_s \cdot \varepsilon_s \quad (6.21.)$$

$$\sigma_{s1} = \sigma_{s2} = E_s \cdot \varepsilon_s = 200 \cdot 0,002 = 0,4 \text{ GPa} = 400 \text{ MPa}$$

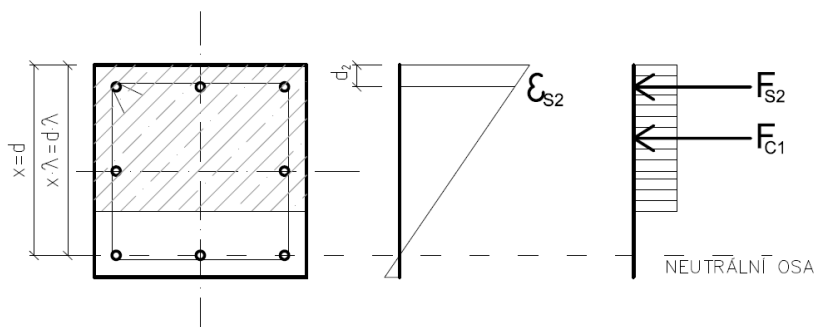
Síla a moment únosnosti:

$$N_{Rd,0} = F_c + F_{s1} + F_{s2} = b \cdot h \cdot f_{cd} + A_{s1} \cdot \sigma_{s1} + A_{s2} \cdot \sigma_{s2} \quad (6.22.)$$

$$N_{Rd,0} = 0,3 \cdot 0,3 \cdot 16,66 \cdot 10^3 + 2 \cdot 3,39 \cdot 10^{-4} \cdot 400 \cdot 10^3 = \mathbf{1771,43 \text{ kN}}$$

$$M_{Rd,0} = A_{s2} \cdot \sigma_{s2} \cdot z - A_{s1} \cdot \sigma_{s1} \cdot z \quad (6.23.)$$

$$M_{Rd,0} = \mathbf{0 \text{ kNm}}$$

➤ **Bod 1: neutrální osa prochází těžištěm výztuže**

Obrázek 6.7 Neutrální osa prochází v těžišti výztuže, "bod 1"

$$\varepsilon_{cu} = 0,0035$$

$$\varepsilon_{s1} = 0 \Rightarrow \sigma_{s1} = 0$$

$$\frac{\varepsilon_{cu}}{x} = \frac{\varepsilon_{s2}}{x - d_2} \quad (6.24.)$$

$$\varepsilon_{s2} = \frac{\varepsilon_{cu}}{x} \cdot (x - d_2) = \frac{0,0035}{0,258} \cdot (0,258 - 0,042) = 0,0029$$

$$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} \quad (6.25.)$$

$$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{434,783}{200 \cdot 10^3} = 0,00217$$

$$\varepsilon_{s2} = 0,0029 > \varepsilon_{yd} = 0,0022$$

$$\varepsilon_{s2} > \varepsilon_{yd} \Rightarrow \sigma_{s2} = f_{yd} = 434,783 \text{ MPa}$$

Síla a moment únosnosti:

$$N_{Rd,1} = F_c + F_{s2} = 0,8 \cdot x \cdot b \cdot f_{cd} + A_{s2} \cdot \sigma_{s2} \quad (6.26.)$$

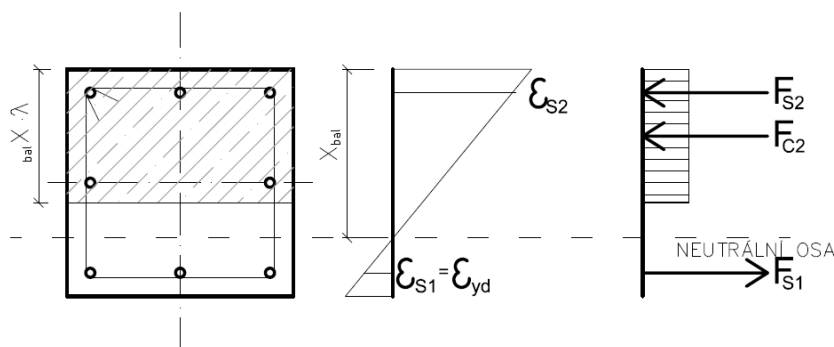
$$N_{Rd,1} = 0,8 \cdot 0,258 \cdot 0,3 \cdot 16,66 \cdot 10^3 + 3,39 \cdot 10^{-4} \cdot 434,783 \cdot 10^3 = \mathbf{1179,52 \text{ kN}}$$

$$M_{Rd,1} = 0,8 \cdot x \cdot b \cdot f_{cd} \cdot \left(\frac{h}{2} - 0,4 \cdot x \right) + A_{s2} \cdot \sigma_{s2} \cdot z_2 \quad (6.27.)$$

$$M_{Rd,1} = 0,8 \cdot 0,258 \cdot 0,3 \cdot 16\,667 \cdot \left(\frac{0,30}{2} - 0,4 \cdot 0,258 \right) + 3,39 \cdot 10^{-4} \cdot 434\,783 \cdot 0,108$$

$$M_{Rd,1} = \mathbf{64,2 \text{ kNm}}$$

➤ Bod 2: napětí v tažené výztuži je na mezi kluzu



Obrázek 6.8 Maximální ohybový moment, "bod 2"

$$\varepsilon_{cu} = 0,0035$$

$$\varepsilon_{s1} = \varepsilon_{yd} = 0,00183 \Rightarrow \sigma_{s1} = f_{yd} = 434,783 \text{ MPa}$$

Výška tlačené oblasti:

$$\frac{\varepsilon_{cu}}{x_{bal,1}} = \frac{\varepsilon_{s1}}{d_2 - x_{bal,1}} = \frac{\varepsilon_{yd}}{d_2 - x_{bal,1}} \quad (6.28.)$$

$$x_{bal,1} = \frac{\varepsilon_{cu} \cdot d}{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{yd}} = \frac{0,0035 \cdot 0,258}{0,0035 + 0,00183} = 0,169$$

Přetvoření tlačené oblasti

$$\varepsilon_{s2} = \frac{\varepsilon_{cu}}{x_{bal,1}} \cdot (x_{bal,1} - d_2) \quad (6.29.)$$

$$\varepsilon_{s2} = \frac{\varepsilon_{cu}}{x_{bal,1}} \cdot (x_{bal,1} - d_2) = \frac{0,0035}{0,169} \cdot (0,169 - 0,042) = 0,0026$$

$$\varepsilon_{s2} = 0,0026 > \varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{434,783}{200 \cdot 10^3} = 0,0022$$

$$\varepsilon_{s2} > \varepsilon_{yd} \Rightarrow \sigma_{s2} = f_{yd} = 434,783 \text{ MPa}$$

Síla a moment únosnosti

$$N_{Rd,2} = F_c - F_{s1} + F_{s2} = 0,8 \cdot x_{bal,1} \cdot b \cdot f_{cd} - A_{s1} \cdot f_{yd} + A_{s2} \cdot \sigma_{s2} \quad (6.30.)$$

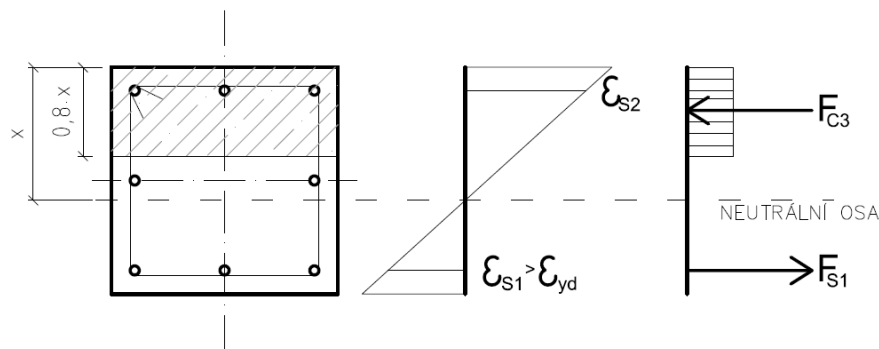
$$N_{Rd,2} = 0,8 \cdot 0,169 \cdot 0,3 \cdot 16\,667 - 3,39 \cdot 10^{-4} \cdot 434\,783 + 3,39 \cdot 10^{-4} \cdot 434\,783$$

$$N_{Rd,2} = \mathbf{677,67 \text{ kN}}$$

$$M_{Rd,2} = 0,8 \cdot x_{bal,1} \cdot b \cdot f_{cd} \left(\frac{h}{2} - 0,4x_{bal,1} \right) + A_{s1} \cdot f_{yd} \cdot z_1 + A_{s2} \cdot \sigma_{s2} \cdot z_2 \quad (6.31.)$$

$$M_{Rd,2} = 0,8 \cdot 0,169 \cdot 0,3 \cdot 16,66 \cdot 10^3 \cdot \left(\frac{0,3}{2} - 0,4 \cdot 0,169 \right) + 3,39 \cdot 10^{-4} \cdot 434,783 \cdot 10^3 \cdot 0,108 + 3,39 \cdot 10^{-4} \cdot 434,783 \cdot 10^3 \cdot 0,108 = \mathbf{87,6 \text{ kNm}}$$

➤ Bod 3: prostý ohyb



Obrázek 6.9 Prostý ohyb bez uvážení tlacené výztuže, "bod 3"

Výška tlacené oblasti:

$$x = \frac{F_{s1}}{0,8 \cdot b \cdot f_{cd}} = \frac{A_{s1} \cdot f_{yd}}{0,8 \cdot b \cdot f_{cd}} \quad (6.32.)$$

$$x = \frac{F_{s1}}{0,8 \cdot b \cdot f_{cd}} = \frac{A_{s1} \cdot f_{yd}}{0,8 \cdot b \cdot f_{cd}} = \frac{3,39 \cdot 10^{-4} \cdot 434,783 \cdot 10^3}{0,8 \cdot 0,3 \cdot 16,66 \cdot 10^3} = 0,0368$$

Síla a moment únosnosti:

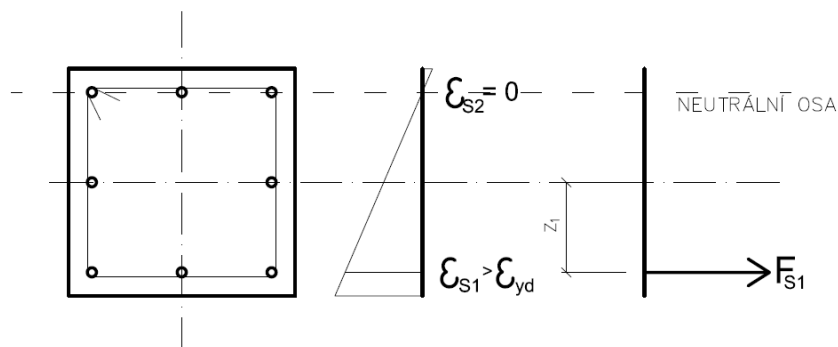
$$N_{Rd,3} = F_c - F_{s1} = 0,8 \cdot x \cdot b \cdot f_{cd} - A_{s1} \cdot f_{yd} \quad (6.33.)$$

$$N_{Rd,3} = F_c - F_{s1} = 0,8 \cdot x \cdot b \cdot f_{cd} - A_{s1} \cdot f_{yd} = 0 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,3} = 0,8 \cdot x \cdot b \cdot f_{cd} \cdot (d - 0,4 \cdot x) \quad (6.34.)$$

$$M_{Rd,3} = 0,8 \cdot 0,0368 \cdot 0,3 \cdot 16,66 \cdot 10^3 \cdot (0,258 - 0,4 \cdot 0,0368) = 35,8 \text{ kNm}$$

➤ Bod 4: neutrální osa prochází těžištěm výztuže



Obrázek 6.10 Neutrální osa v těžišti výztuže, "bod 4"

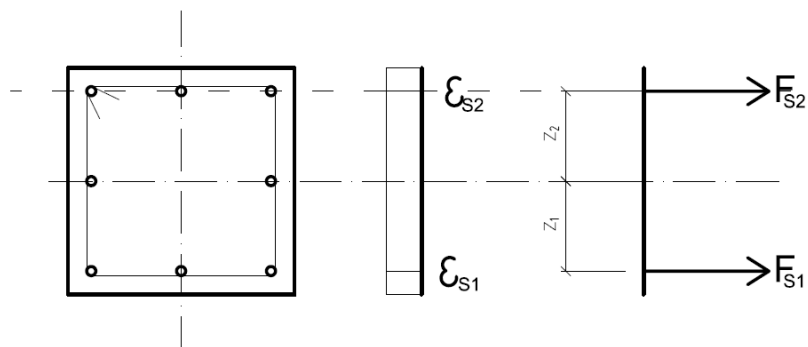
$$N_{Rd,4} = F_{s1} = A_{s1} \cdot f_{yd} \quad (6.35.)$$

$$N_{Rd,4} = F_{s1} = A_{s1} \cdot f_{yd} = 3,39 \cdot 10^{-4} \cdot 434,783 \cdot 10^3 = 147,39 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,4} = F_{s1} \cdot z_1 \quad (6.36.)$$

$$M_{Rd,4} = F_{s1} \cdot z_1 = 3,39 \cdot 10^{-4} \cdot 434,783 \cdot 10^3 \cdot 0,108 = 15,91 \text{ kNm}$$

➤ Bod 5: dostředný tah



Obrázek 6.11 Dostředný tah, "bod 5"

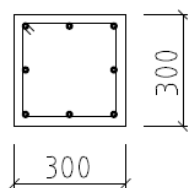
$$N_{Rd,5} = F_{s1} + F_{s2} = A_{s1} \cdot f_{yd} + A_{s2} \cdot f_{yd} \quad (6.37.)$$

$$N_{Rd,5} = F_{s1} + F_{s2} = A_{s1} \cdot f_{yd} + A_{s2} \cdot f_{yd} = 2 \cdot 3,39 \cdot 10^{-4} \cdot 434,783 \cdot 10^3 = \mathbf{294,8 \text{ kN}}$$

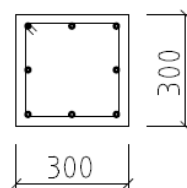
$$M_{Rd,4} = A_{s1} \cdot \sigma_{s1} \cdot z_1 - A_{s2} \cdot \sigma_{s2} \cdot z_2 \quad (6.38.)$$

$$M_{Rd,4} = A_{s1} \cdot \sigma_{s1} \cdot z_1 - A_{s2} \cdot \sigma_{s2} \cdot z_2 = \mathbf{0 \text{ kNm}}$$

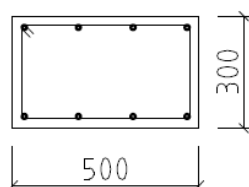
1 a 2



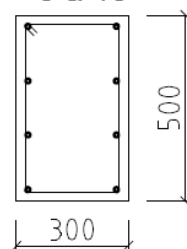
6 a 7



3, 4, 5 a 8



9 a 10

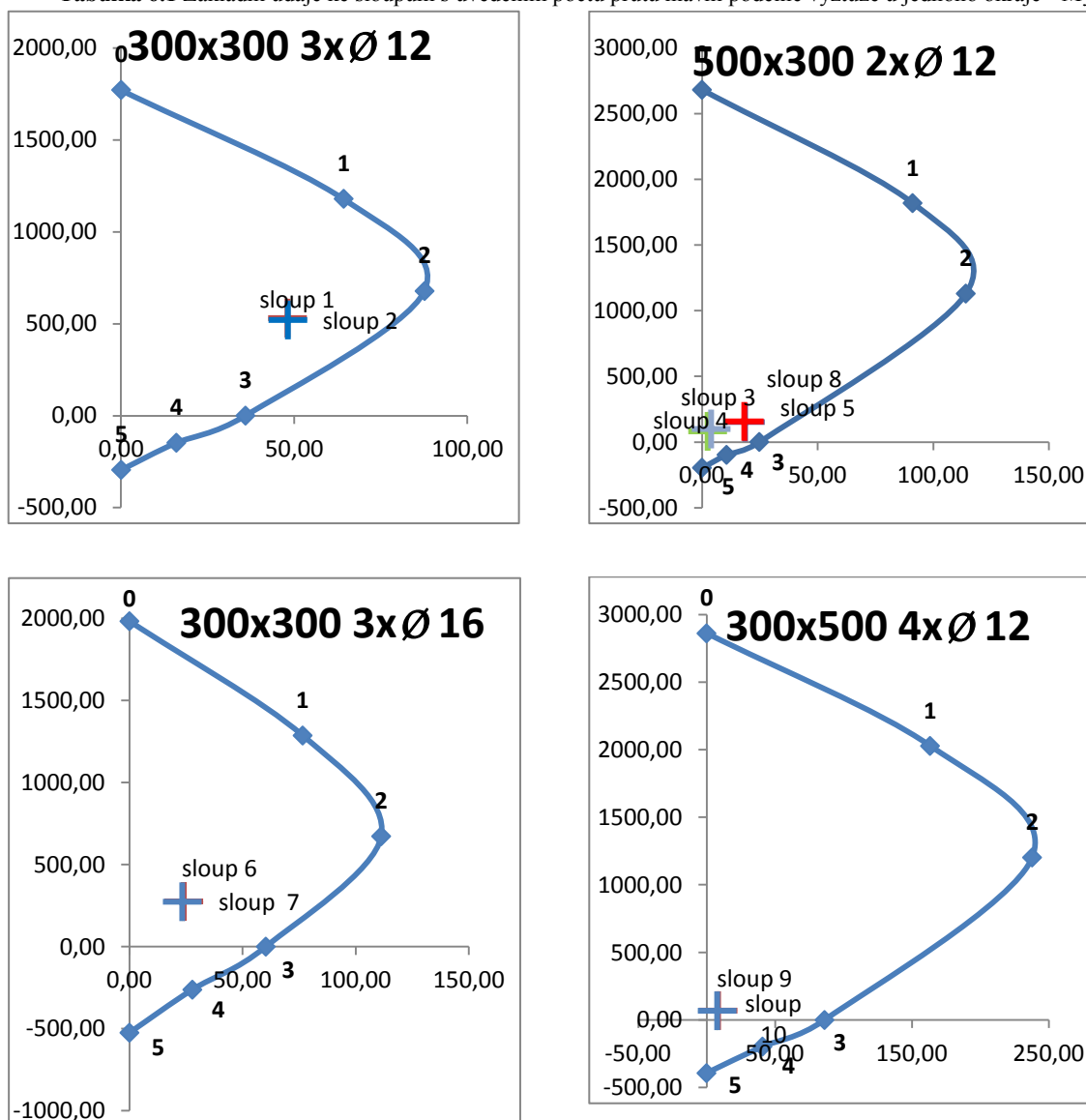


Obrázek 6.12 Schémata rozměrů a vyztužení sloupů.

6.3.1 Sloupů namáhané momentem M_y

sloup	zatížení v hlavě		rozměry sloupu		výztuž [mm]			bod 0		bod 1		bod 2		bod 3		bod 4		bod 5	
	N_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]	b [mm]	$\frac{h}{x}$ [mm]	počet	hlavní	třímníky	$N_{Rd,0}$ [kN]	$M_{Rd,0}$ [kNm]	$N_{Rd,1}$ [kN]	$M_{Rd,1}$ [kNm]	$N_{Rd,2}$ [kN]	$M_{Rd,2}$ [kNm]	$N_{Rd,3}$ [kN]	$M_{Rd,3}$ [kNm]	$N_{Rd,4}$ [kN]	$M_{Rd,4}$ [kNm]	$N_{Rd,5}$ [kN]	$M_{Rd,5}$ [kNm]
1	-529,37	-49,43	300	x 300	3x	12	6	1771,43	0,00	1179,52	64,23	677,67	87,59	0,00	35,88	-147,52	15,93	-295,04	0,00
2	-520,22	48,13	300	x 300	3x	12	6	1771,43	0,00	1179,52	64,23	677,67	87,59	0,00	35,88	-147,52	15,93	-295,04	0,00
3	-98,54	-3,98	500	x 300	2x	12	6	2680,96	0,00	1818,35	91,12	1129,46	114,12	0,00	24,79	-98,35	10,62	-196,69	0,00
4	-80,74	2,47	500	x 300	2x	12	6	2680,96	0,00	1818,35	91,12	1129,46	114,12	0,00	24,79	-98,35	10,62	-196,69	0,00
5	-151,15	-18,61	500	x 300	2x	12	6	2680,96	0,00	1818,35	91,12	1129,46	114,12	0,00	24,79	-98,35	10,62	-196,69	0,00
6	-275,42	24,03	300	x 300	3x	16	6	1982,55	0,00	1286,25	76,54	672,42	111,25	0,00	60,26	-262,25	27,80	-524,51	0,00
7	-273,58	-23,34	300	x 300	3x	16	6	1982,55	0,00	1286,25	76,54	672,42	111,25	0,00	60,26	-262,25	27,80	-524,51	0,00
8	-156,3	18,32	500	x 300	2x	12	6	2680,96	0,00	1818,35	91,12	1129,46	114,12	0,00	24,79	-98,35	10,62	-196,69	0,00
9	-69,45	8,48	300	x 500	4x	12	6	2861,91	0,00	2028,69	163,29	1203,00	237,85	0,00	86,22	-196,69	40,91	-393,38	0,00
10	-68,28	-7,83	300	x 500	4x	12	6	2861,91	0,00	2028,69	163,29	1203,00	237,85	0,00	86,22	-196,69	40,91	-393,38	0,00

Tabulka 6.1 Základní údaje ke sloupům s uvedením počtu prutů hlavní podélné výztuže u jednoho okraje - M_y

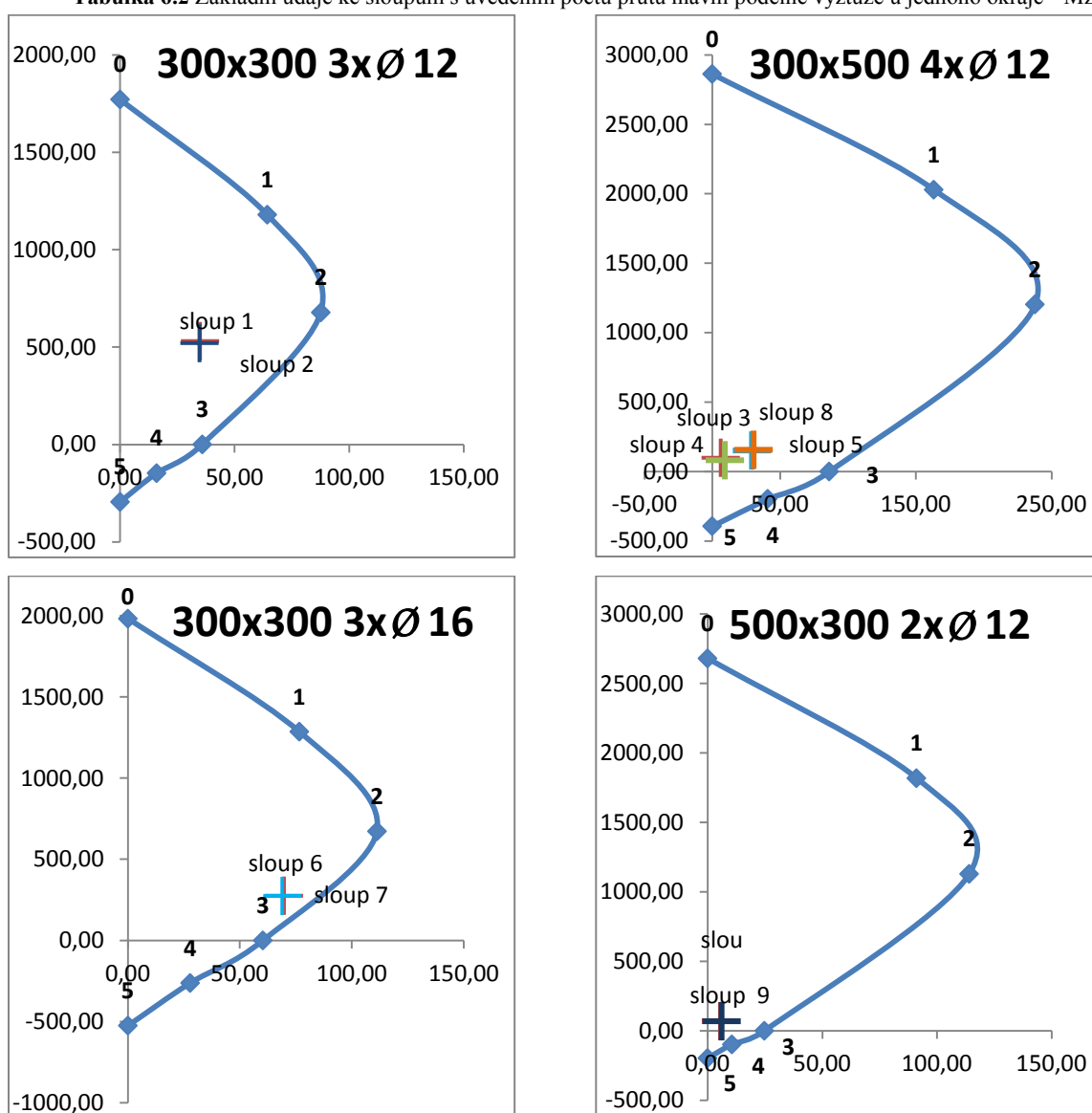


Obrázek 6.13 Interakční diagramy sloupů namáhaných tlakovou silou a momentem M_y

6.3.2 Sloupy namáhané momentem M_z

sloup	zatížení v hlavě		rozměry sloupu		výztuž [mm]			bod 0		bod 1		bod 2		bod 3		bod 4		bod 5	
	N_{ed} [kN]	M_{ed} [kNm]	b [mm]	h [mm]	počet	hlavní	tříčinky	$N_{rd,0}$ [kN]	$M_{rd,0}$ [kNm]	$N_{rd,1}$ [kN]	$M_{rd,1}$ [kNm]	$N_{rd,2}$ [kN]	$M_{rd,2}$ [kNm]	$N_{rd,3}$ [kN]	$M_{rd,3}$ [kNm]	$N_{rd,4}$ [kN]	$M_{rd,4}$ [kNm]	$N_{rd,5}$ [kN]	$M_{rd,5}$ [kNm]
1	-529,37	-33,22	300	x 300	3x	12	6	1771,43	0,00	1179,52	64,23	677,67	87,59	0,00	35,88	-147,52	15,93	-295,04	0,00
2	-520,22	-34,67	300	x 300	3x	12	6	1771,43	0,00	1179,52	64,23	677,67	87,59	0,00	35,88	-147,52	15,93	-295,04	0,00
3	-98,54	6,34	300	x 500	4x	12	6	2861,91	0,00	2028,69	163,29	1203,00	237,85	0,00	86,22	-196,69	40,91	-393,38	0,00
4	-80,74	-9,38	300	x 500	4x	12	6	2861,91	0,00	2028,69	163,29	1203,00	237,85	0,00	86,22	-196,69	40,91	-393,38	0,00
5	-151,15	29,37	300	x 500	4x	12	6	2861,91	0,00	2028,69	163,29	1203,00	237,85	0,00	86,22	-196,69	40,91	-393,38	0,00
6	-275,42	69,7	300	x 300	3x	16	6	1982,55	0,00	1286,25	76,54	672,42	111,25	0,00	60,26	-262,25	27,80	-524,51	0,00
7	-273,58	68,94	300	x 300	3x	16	6	1982,55	0,00	1286,25	76,54	672,42	111,25	0,00	60,26	-262,25	27,80	-524,51	0,00
8	-156,3	30,58	300	x 500	4x	12	6	2861,91	0,00	2028,69	163,29	1203,00	237,85	0,00	86,22	-196,69	40,91	-393,38	0,00
9	-69,45	-5,89	500	x 300	2x	12	6	2680,96	0,00	1818,35	91,12	1129,46	114,12	0,00	24,79	-98,35	10,62	-196,69	0,00
10	-68,28	-6,17	500	x 300	2x	12	6	2680,96	0,00	1818,35	91,12	1129,46	114,12	0,00	24,79	-98,35	10,62	-196,69	0,00

Tabulka 6.2 Základní údaje ke sloupům s uvedením počtu prutů hlavní podélné výztuže u jednoho okraje - M_z



Obrázek 6.14 Interakční diagramy sloupů namáhaných tlakovou silou a momentem M_y

6.3.3 Konstrukční zásady

A) Podélná výztuž

➤ Minimální průměr výztuže

$$\varnothing > \varnothing_{min} = 8 \text{ mm} \quad (6.39.)$$

sloup	\varnothing	\varnothing_{min}	posudek
1	12	> 8	SPLNĚNO
2	12		SPLNĚNO
3	12		SPLNĚNO
4	12		SPLNĚNO
5	12		SPLNĚNO
6	16		SPLNĚNO
7	16		SPLNĚNO
8	12		SPLNĚNO
9	12		SPLNĚNO
10	12		SPLNĚNO

Tabulka 6.3 Ověření průměrů jednotlivých výztuží.

Podmínky splněny.

➤ Omezení množství tahové výztuže

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c \quad (6.40.)$$

$$A_{s,min} = \frac{0,1 \cdot N_{Ed}}{f_{yd}} \quad (6.41.)$$

$$A_s = \pi \cdot r^2 \cdot n \quad (6.42.)$$

sloup	$A_{s,min}$	A_s	$A_{s,max}$	posudek
1	122	679	3600	SPLNĚNO
2	120	679	3600	SPLNĚNO
3	23	679	6000	SPLNĚNO
4	19	679	6000	SPLNĚNO
5	35	679	6000	SPLNĚNO
6	63	1206	3600	SPLNĚNO
7	63	1206	3600	SPLNĚNO
8	36	679	6000	SPLNĚNO
9	16	679	6000	SPLNĚNO
10	16	679	6000	SPLNĚNO

Tabulka 6.4 Ověření ploch jednotlivých výztuží.

Podmínky splněny.

B) Příčná výztuž

➤ Minimální průměr výztuže

$$\varnothing \geq \varnothing_{min} = \max \left\{ \frac{1}{4} \cdot \varnothing_{max} \right\} \quad (6.43.)$$

pro všechny sloupce platí:

$$\emptyset = 6 \geq \emptyset_{min} = \max \left\{ \frac{1}{4} \cdot 16 \right\} = 6 \text{ mm}$$

Podmínka splněna

➤ **Maximální osová vzdálenost prutů od sebe po výšce sloupu**

$$s_{max} = \min \left\{ \frac{20 \cdot \phi_{min}}{b}, \frac{400}{400} \right\} \text{ mm} \quad (6.44.)$$

sloup	s		s _{max}	posudek
1	200	<	240	SPLNĚNO
2			240	SPLNĚNO
3			240	SPLNĚNO
4			240	SPLNĚNO
5			240	SPLNĚNO
6			300	SPLNĚNO
7			300	SPLNĚNO
8			240	SPLNĚNO
9			240	SPLNĚNO
10			240	SPLNĚNO

Tabulka 6.5 Ověření maximální osově vzdálenosti příčné výztuže jednotlivých sloupů.

Podmínky splněny.

Vzdálenost třmínků se zmenší na 0,6 násobek v místech nad a pod deskou v délce rovné většímu rozměru sloupu.

➤ **Kotevní délka**

Kotevní délky pro všechny použité průměry výztuží jsou uvedeny v tabulce 3.16.

6.4 Ověření dvouosého namáhání ohybem

Pro posouzení dvouosého namáhání platí vztah:

$$\left(\frac{M_{Ed,z}}{M_{Rd,z}} \right)^a + \left(\frac{M_{Ed,y}}{M_{Rd,y}} \right)^a \leq 1,0 \quad (6.45.)$$

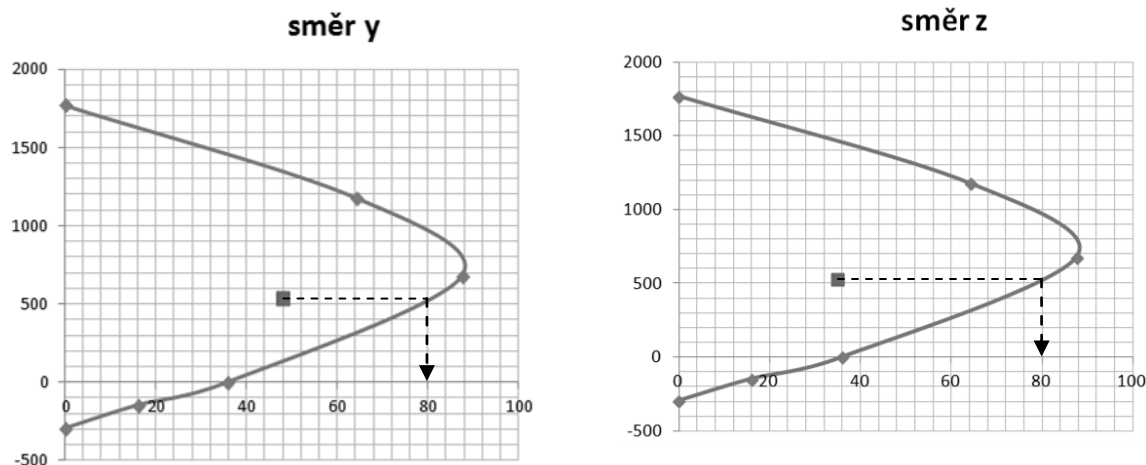
Exponent pro obdélníkové průřezy se uvažuje dle tabulky XY s lineární interpolací pro mezilehlé hodnoty.

N_{Ed}/N_{Rd}	0,1	0,7	1,0
a	1,0	1,5	2,0

Tabulka 6.6 Hodnoty exponentu pro několik poměrů návrhové síly a návrhové únosnosti.

Vzorový výpočet pro sloup 1

Hodnoty momentů na mezi únosnosti pro jeden i druhý směr jsou odečteny z interakčních diagramů sloupu č. 1, viz obrázek 6.15. Jelikož je průřez sloupu a jeho vyztužení symetrické, jsou interakční diagramy a momenty únosnosti shodné.



Obrázek 6.15 Odečtení hodnot momentů na mezi únosnosti z interakčních diagramů.

$$M_{Rd,z} = M_{Rd,y} = 80 \text{ kNm}$$

Návrhové hodnoty momentů a normálových sil jsou zřejmé z tabulek 6.1. a 6.2. Hodnota únosnosti pro normálovou sílu odpovídá bodu 0 na interakčním diagramu a je uvedena také ve zmíněných tabulkách.

$$M_{Ed,y} = 48,02 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,z} = 34,89 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = 530,47 \text{ kNm}$$

$$N_{Rd} = 1771,43 \text{ kNm}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = \frac{530,47}{1771,43} = 0,3 \Rightarrow a = 1,17$$

Dosazení do vztahu 6.45.:

$$\left(\frac{34,89}{80}\right)^{1,17} + \left(\frac{48,02}{80}\right)^{1,17} = 0,93 \leq 1,0$$

Podmínka splněna.

Posouzení ostatních sloupů je uvedeno v tabulce 6.7.

sloup	N_{Ed}	N_{Rd}	N_{Ed}/N_{Rd}	a	$M_{Ed,z}$	$M_{Rd,z}$	$M_{Ed,y}$	$M_{Rd,y}$	$\left(\frac{M_{Ed,z}}{M_{Rd,z}}\right)^a + \left(\frac{M_{Ed,y}}{M_{Rd,y}}\right)^a$	Posudek
1	530,46	1771,43	0,30	1,17	34,89	80	48,02	80	0,93	Splněno
2	520,22	1771,43	0,29	1,16	34,67	80	48,13	80	0,93	Splněno
3	98,54	2680,96	0,04	0,95	6,34	110	3,98	35	0,19	Splněno
4	80,74	2680,96	0,03	0,94	9,38	110	2,47	35	0,18	Splněno
5	151,15	2680,96	0,06	0,96	29,37	110	18,61	35	0,82	Splněno
6	275,42	1982,55	0,14	1,03	69,7	90	24,03	90	1,00	Splněno
7	273,58	1982,55	0,14	1,03	68,94	90	23,34	90	1,00	Splněno
8	156,3	2680,96	0,06	0,97	30,58	110	18,32	35	0,83	Splněno
9	69,45	2861,91	0,02	0,94	5,89	35	8,48	110	0,28	Splněno
10	68,28	2861,91	0,02	0,94	6,17	35	7,83	110	0,28	Splněno

Tabulka 6.7 Posudky pro jednotlivé sloupky.

*Podmínky splněny.***6.5 Ověření štíhlostního kritéria**

Aby sloup vyhověl štíhlostnímu kritériu, musí být splněna podmínka:

$$\lambda < \lambda_{lim} \quad (6.46.)$$

Limitní štíhlost se spočítá těmito vztahy:

$$\lambda_{lim} = \frac{20 \cdot A \cdot B \cdot C}{\sqrt{n}} \quad (6.47.)$$

$$A = \frac{1}{1 + 0,2 \cdot \varphi_{ef}}, \text{ případně } A = 0,7 \quad (6.48.)$$

$$B = \sqrt{1 + 2 \cdot \omega}, \text{ případně } B = 1,1 \quad (6.49.)$$

$$C = 1,7 - r_m, \text{ případně } C = 0,7 \quad (6.50.)$$

$$r_m = \frac{M_{01}}{M_{02}}, |M_{02}| > |M_{01}| \quad (6.51.)$$

$$\omega = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{A_c \cdot f_{cd}} \quad (6.52.)$$

$$n = \frac{N_{Ed}}{A_c \cdot f_{cd}} \quad (6.53.)$$

Pro štíhlost platí:

$$\lambda = \frac{l_0}{i} \quad (6.54.)$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A_c}} \quad (6.55.)$$

$$I = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^2 \quad (6.56.)$$

Vzorový výpočet pro sloup 1:

Údaje potřebné pro výpočet:

$$N_{Ed,max} = -529,337 \text{ kN}$$

$$A_s = 0,000905 \text{ m}^2 \text{ (celková podélná výztuž 8x } \varnothing 12)$$

$$A_c = 0,09 \text{ m}^2 \text{ (rozměr sloupu 0,3 x 0,3 m)}$$

$$l = 3,25 \text{ m} \Rightarrow l_0 = 0,7 \cdot l \text{ (dle obrázku 6.16)}$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_M} = \frac{25}{1,5} = 16,67 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_M} = \frac{500}{1,15} = 434,783 \text{ MPa}$$



Obrázek 6.16 Uvažovaný tvar vybočení.[2]

Dosazení do vztahů 6.46. až 6.56.:

$$n = \frac{N_{Ed}}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{529,37}{0,09 \cdot 16,67 \cdot 10^3} = 0,353$$

$$\omega = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{0,000905 \cdot 434,783}{0,09 \cdot 16,67} = 0,262$$

$$B = \sqrt{1 + 2 \cdot \omega} = \sqrt{1 + 2 \cdot 0,262} = 1,23$$

$$r_m = \frac{24,97}{-48,02} = -0,52$$

$$C = 1,7 - r_m = 1,7 - (-0,52) = 2,22$$

$$\text{uvažuji: } A = 0,7$$

$$\lambda_{lim} = \frac{20 \cdot A \cdot B \cdot C}{\sqrt{n}} = \frac{20 \cdot 0,7 \cdot 1,23 \cdot 2,22}{\sqrt{0,353}} = 65$$

Štíhlost:

$$I = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{12} \cdot 0,3 \cdot 0,3^3 = 6,75 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A_c}} = \sqrt{\frac{6,75 \cdot 10^{-4}}{0,09}} = 0,087$$

$$\lambda = \frac{l_0}{i} = \frac{0,7 \cdot l}{i} = \frac{0,7 \cdot 3,25}{0,087} = 26,15$$

Porovnání štíhlostí:

$$\lambda = 26 < \lambda_{lim} = 65$$

Podmínka splněna.

Ověření štíhlostí u všech sloupů pro oba směry jsou uvedeny v tabulkách níže.

sloup	N _{Ed} [kN]	A _s [m ²]	A _c [m ²]	n [-]	A	ω	B	r _m	C	λ _{lim} [-]	l [m]	l ₀ [m]	I [m ⁴]	i [kN]	λ [-]	λ < λ _{lim} [-]
1	-529,37	0,000905	0,09	0,353	0,7	0,262	1,23	-0,52	2,22	65	3,25	2,28	0,000675	0,09	26	SPLNĚNO
2	-520,22	0,000905	0,09	0,347		0,262	1,23	-0,53	2,23	65	3,25	2,28	0,000675	0,09	26	SPLNĚNO
3	-98,54	0,000905	0,15	0,039		0,157	1,15	-0,95	2,65	214	3,25	2,28	0,003750	0,16	14	SPLNĚNO
4	-80,74	0,000905	0,15	0,032		0,157	1,15	-0,38	2,08	186	3,25	2,28	0,003750	0,16	14	SPLNĚNO
5	-151,15	0,000905	0,15	0,06		0,157	1,15	-0,59	2,29	149	3,25	2,28	0,003750	0,16	14	SPLNĚNO
6	-275,42	0,001608	0,09	0,184		0,466	1,39	-0,54	2,24	102	3,25	2,28	0,000675	0,09	26	SPLNĚNO
7	-273,58	0,001608	0,09	0,182		0,466	1,39	-0,53	2,23	102	3,25	2,28	0,000675	0,09	26	SPLNĚNO
8	-156,3	0,000905	0,15	0,063		0,157	1,15	-0,55	2,25	144	3,25	2,28	0,003750	0,16	14	SPLNĚNO
9	-69,45	0,000905	0,15	0,028		0,157	1,15	-0,50	2,20	212	3,25	2,28	0,006250	0,20	11	SPLNĚNO
10	-68,28	0,000905	0,15	0,027		0,157	1,15	-0,57	2,27	220	3,25	2,28	0,006250	0,20	11	SPLNĚNO

Tabulka 6.8 Ověření štíhlostí sloupů ve směru y.

Podmínky splněny.

sloup	N _{Ed} [kN]	A _s [m ²]	A _c [m ²]	n [-]	A	ω	B	r _m	C	λ _{lim} [-]	l [m]	l ₀ [m]	I [m ⁴]	i [kN]	λ [-]	λ < λ _{lim} [-]
1	-529,37	0,000905	0,09	0,353	0,7	0,262	1,23	-0,52	2,22	64	3,25	2,28	0,000675	0,09	26	SPLNĚNO
2	-520,22	0,000905	0,09	0,347		0,262	1,23	-0,52	2,22	65	3,25	2,28	0,000675	0,09	26	SPLNĚNO
3	-98,54	0,000905	0,15	0,039		0,157	1,15	-0,38	2,08	168	3,25	2,28	0,006250	0,20	11	SPLNĚNO
4	-80,74	0,000905	0,15	0,032		0,157	1,15	-0,95	2,65	237	3,25	2,28	0,006250	0,20	11	SPLNĚNO
5	-151,15	0,000905	0,15	0,06		0,157	1,15	-0,34	2,04	133	3,25	2,28	0,006250	0,20	11	SPLNĚNO
6	-275,42	0,001608	0,09	0,184		0,466	1,39	-0,49	2,19	99	3,25	2,28	0,000675	0,09	26	SPLNĚNO
7	-273,58	0,001608	0,09	0,182		0,466	1,39	-0,49	2,19	100	3,25	2,28	0,000675	0,09	26	SPLNĚNO
8	-156,3	0,000905	0,15	0,063		0,157	1,15	-0,35	2,05	131	3,25	2,28	0,006250	0,20	11	SPLNĚNO
9	-69,45	0,000905	0,15	0,028		0,157	1,15	-0,87	2,57	247	3,25	2,28	0,003750	0,16	14	SPLNĚNO
10	-68,28	0,000905	0,15	0,027		0,157	1,15	-0,87	2,57	250	3,25	2,28	0,003750	0,16	14	SPLNĚNO

Tabulka 6.9 Ověření štíhlostí sloupů ve směru z.

Podmínky splněny.

7 OBVODOVÁ STĚNA

➤ Materiál

Beton C25/30

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_M} = \frac{25}{1,5} = 16,67 \text{ MPa}$$

Výztuž B 500 B

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_M} = \frac{500}{1,15} = 434,783 \text{ MPa}$$

➤ Krycí vrstva

Stupeň vlivu prostředí: suché \Rightarrow XC1

konstrukční třída: S4 \Rightarrow objekty o návrhové životnosti 50 let

Předběžný průměr třmínků: 6 mm

Předběžný průměr hlavní výztuže: 12 mm

krytí třmínků

$$c_{min,sw} = \max(6; 15; 10 \text{ mm}) = 15 \text{ mm}$$

krytí hlavní výztuže

$$c_{min,1} = \max(22; 15; 10 \text{ mm}) = 22 \text{ mm}$$

$$c_{min,2} = c_{min,sw} + \varnothing_{sw} = 15 + 6 = 21 \text{ mm}$$

Dosazení do vztahu 3.3.:

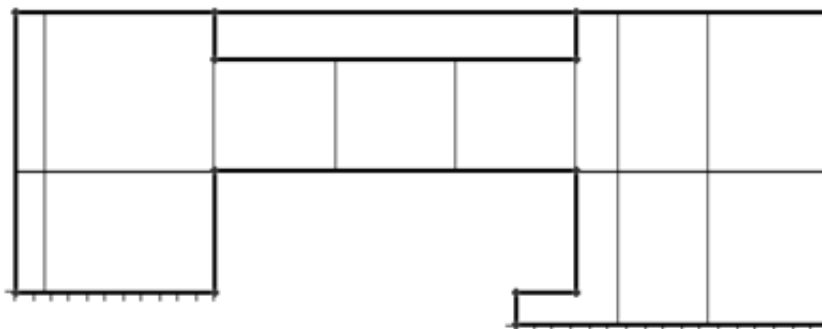
$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 22 + 8 = 30 \text{ mm}$$

➤ Parametry stěny

délka: 13,5 m

výška: 5,2 m

tloušťka: 0,3 m



Obrázek 7.1 Model obvodové zdi v programu Scia Engineer.

7.1 Zatížení

Uvažované zatížení na stěně je následující:

- zatížení od stropních desek nad 1.PP a 1.NP a plošných zatíženích na nich
- zatížení od stropních nosníků
- vlastní tíha
- zatížení větrem

Dle vztahu 6.14. tlak na konstrukci stěny:

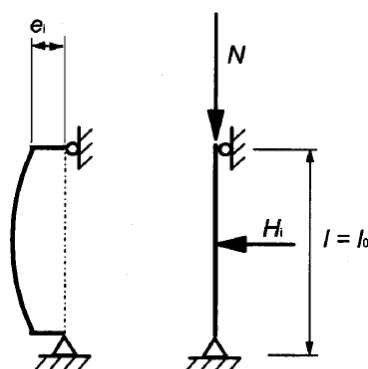
$$w_k = 0,41 \cdot (0,75 + 0,3) = 0,43 \frac{kN}{m^2}$$

- zatížení vlivem geometrické imperfekce

Vztah pro výstřednost zatížení u stěn ve ztužených systémech:

$$e = \frac{l_0}{400} \quad (7.1.)$$

Do vztahu 7.1. je dosazena za délku l_0 výška podlaží dle obrázku 7.2.:



a2) ztužený

Obrázek 7.2 Uvažované schéma pro výpočet výstřednosti.[2]

$$e = \frac{3\,150}{400} = 7,88 \text{ mm}$$

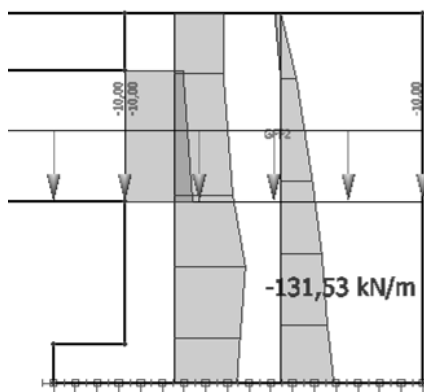
Moment, který touto imperfekcí vzniká je přičten k momentu od zatížení větrem.

7.2 Návrh a posudek

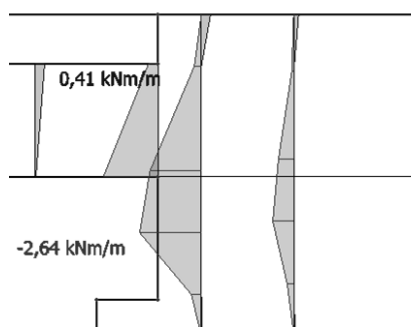
Hodnota momentu od větru je zobrazena na obrázku č. 7.4.

$$m_{Ed,max} = m_{Ed,vitr} + m_{Ed,excentricita} \quad (7.2.)$$

$$m_{Ed,excentricita} = n_{Ed,max} \cdot e \quad (7.3.)$$



Obrázek 7.3 Návrhová normálová síla v obvodové stěně.



Obrázek 7.4 Návrhový ohybový moment od působení větru.

Dosazení do vztahů 7.2. a 7.3.:

$$m_{Ed,max} = -2,64 - 131,53 \cdot 0,00788 = -3,68 \text{ kNm/m}$$

Dimenzační vnitřní síly:

$$n_{Ed,max} = -131,53 \text{ kN/m}$$

$$m_{Ed,max} = -3,68 \text{ kNm/m}$$

Navrhovaná výztuž:

svislá: Ø 12/200

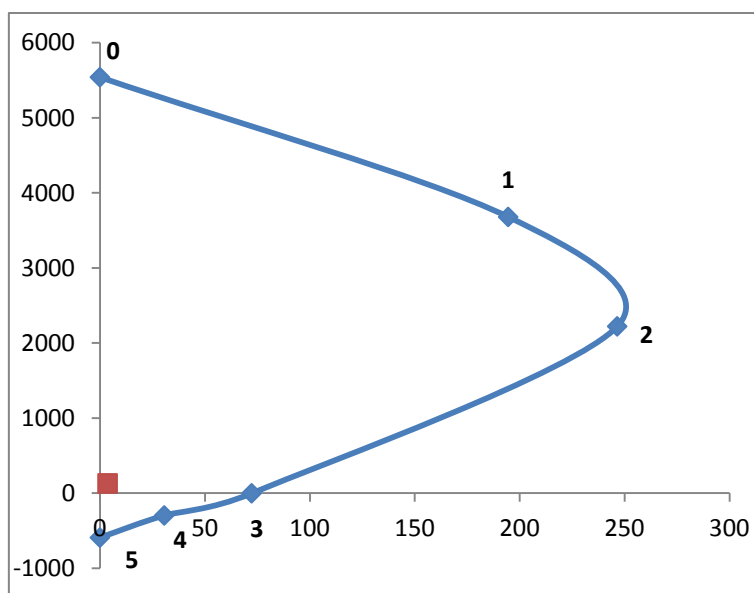
vodorovná: Ø 12/300

spony: Ø 6/200

Posudek interakčním diagramem dle vztahů XY:

bod	N	M
0	5543	0
1	3682	195
2	2224	247
3	0	72
4	-295	31
5	-590	0

Tabulka 7.1 Hodnoty jednotlivých bodů interakčního diagramu pro obvodovou zeď.



Obrázek 7.5 Interakční diagram pro obvodovou zeď.

Konstrukce vyhovuje na dané zatížení.

Únosnost zdi výrazně převyšuje zatížení. Výztuž je navržena dle konstrukčních zásad a vyztužení vnitřní zdi by bylo řešeno obdobně.

7.3 Konstrukční zásady

➤ **Plocha svislé výztuže**

$$A_{s,vmin} < A_{s,v} < A_{s,vmax} \quad (7.4.)$$

$$A_{s,vmin} = 0,002 \cdot A_c \quad (7.5.)$$

$$A_{s,vmax} = 0,04 \cdot A_c \quad (7.6.)$$

$$A_{s,vmin} = 0,002 \cdot 0,3 \cdot 1 = 6 \cdot 10^{-4} = 600 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,vmax} = 0,04 \cdot 0,3 \cdot 1 = 0,012 = 12\,000 \text{ mm}^2$$

$$600 \text{ mm}^2 < 678,6 \text{ mm}^2 < 12\,000 \text{ mm}^2$$

Podmínky splněny.

➤ **Osová vzdálenost svislé výztuže**

$$s_{max} = \min \left\{ \frac{3 \cdot b}{400 \text{ mm}} \right\} = \min \left\{ \frac{3 \cdot 200}{400 \text{ mm}} \right\} = 400 \text{ mm} \quad (7.7.)$$

$$s_{skut} = 200 \text{ mm} < s_{max} = 400 \text{ mm}$$

Podmínka splněna.

➤ **Plocha vodorovné výztuže**

$$A_{s,h} > A_{s,hmin} \quad (7.8.)$$

$$A_{s,hmin} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,25 \cdot A_{s,v} \\ 0,001 \cdot A_c \end{array} \right\} \quad (7.9.)$$

$$A_{s,hmin} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,25 \cdot 0,6786 = 0,17 \\ 0,001 \cdot 0,3 \cdot 1 = 3 \cdot 10^{-4} \end{array} \right\} = 3 \cdot 10^{-4} m^2$$

$$339 \text{ mm}^2 > 300 \text{ mm}^2$$

Podmínka splněna.

➤ **Osová vzdálenost vodorovné výztuže**

$$s_{skut} = 300 \text{ mm} < s_{max} = 400 \text{ mm} \quad (7.10.)$$

Podmínka splněna.

➤ **Osová vzdálenost příčné výztuže**

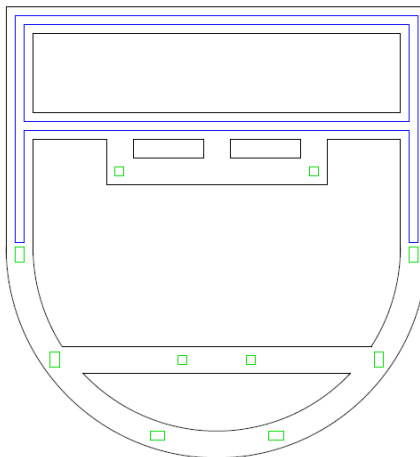
$$s_{cl} < s_{max} = \min \left\{ \begin{array}{l} 20 \cdot \emptyset \\ b \\ 400 \text{ mm} \end{array} \right\} \quad (7.11.)$$

$$s_{cl} = 200 < s_{max} = \min \left\{ \begin{array}{l} 20 \cdot \emptyset = 20 \cdot 12 = 240 \text{ mm} \\ b = 300 \text{ mm} \\ 400 \text{ mm} \end{array} \right\}$$

Podmínka splněna.

8 ZÁKLADOVÉ PÁSY

Základové konstrukce řešeného objektu sestávají ze základových pásů a pilot. Základové pásy tvoří rošt a probíhají pod stěnami i pod sloupy.



Obrázek 8.1 Schéma základových pásů.

Rozměry průřezů základových pásů jsou jednotné. Liší se však jejich vyztužení podle toho, zda pás probíhá pod stěnou nebo pod sloupem. Návrh a posouzení v příčném směru pásu bylo provedeno dle zásad pro základovou patku - z pásu je uvažována v podélném směru délka jeden metr. Podélná výztuž v pásech pod stěnami byla navržena na ohyb metodou mezní rovnováhy. V základových pásech pod sloupem je podélná výztuž pouze konstrukční.

Pro základové pásy byl uvažován beton C 25/30 a výztuž B 500 B. Krytí výztuže bylo zvoleno 50 mm.

➤ Vlastnosti materiálu

Beton C25/30

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

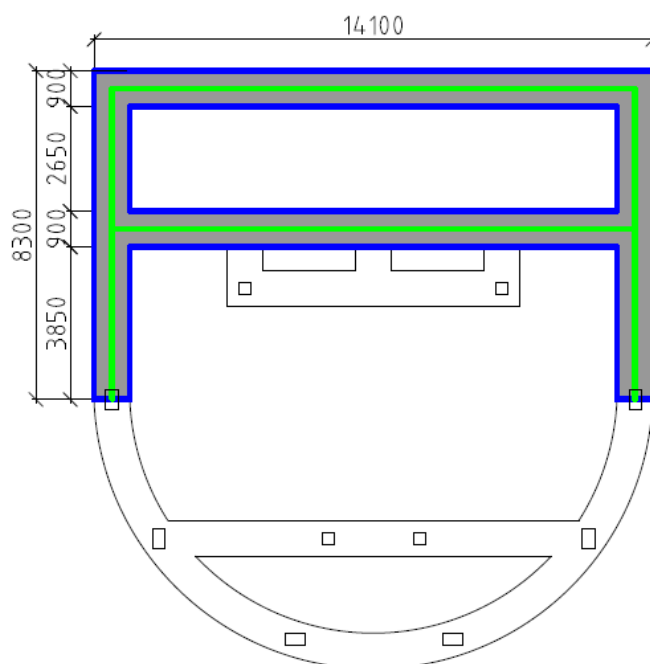
$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_M} = \frac{25}{1,5} = 16,67 \text{ MPa}$$

Výztuž B 500 B

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_M} = \frac{500}{1,15} = 434,783 \text{ MPa}$$

8.1 Základové pásy pod stěnami



Obrázek 8.2 Schéma základových pásů pod stěnami.

8.1.1 Zatížení

Zatížení na základovou půdu se skládá ze zatížení od normálové síly ve stěnách a vlastní tíhy základového pásu. Údaje, potřebné pro výpočet:

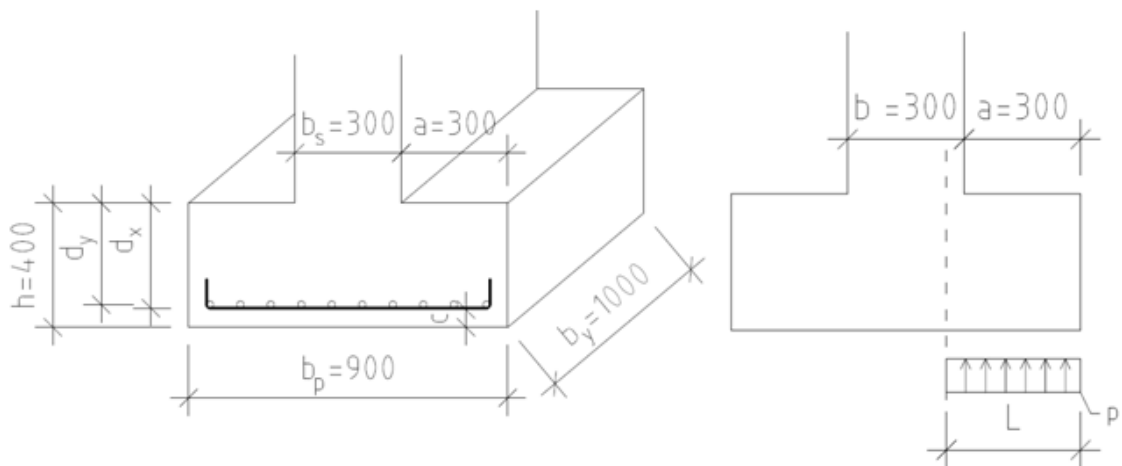
- délka os základů a stěn (viz obrázek 7.2 - zelená čára): $l = 42 \text{ m}$
- normálová síla v nejvíce zatížené stěně: $n_{Ed} = -131,53 \text{ kN/m}$
- rozměry základového pásu: $0,9 \times 0,4 \text{ m}$
- celková plocha základových pásů pod stěnami: $A_{eff} = 30,15 \text{ m}^2$

$$V_{stěn} = l \cdot n_{Ed} = 42 \cdot 131,53 = 5\,524,26 \text{ kN}$$

$$V_{pásů} = l \cdot b \cdot h \cdot \gamma \cdot \gamma_g = 42 \cdot 0,9 \cdot 0,4 \cdot 25 \cdot 1,35 = 510,3 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 5\,524,26 + 510,3 \doteq 6\,000 \text{ kN}$$

8.1.2 Příčná výztuž



Obrázek 8.3 Schéma k výpočtu příčné výztuže základového pásu pod stěnou.

$$V_{ed} = \sum V_i \quad (8.1.)$$

$$\sigma_{cont} = \frac{V_{ed}}{A_{eff}} \quad (8.2.)$$

$$p = \sigma_{cont} \cdot b_y \quad (8.3.)$$

$$L = a + 0,15 \cdot b_s \quad (8.4.)$$

$$m_{Ed} = \frac{1}{2} \cdot p \cdot L^2 \quad (8.5.)$$

$$d_x = h - c_{nom} - \frac{\phi}{2} \quad (8.6.)$$

$$A_{s,req} = \frac{m_{Ed}}{0,9 \cdot \eta \cdot d \cdot f_{yd}} \quad (8.7.)$$

$$A_{s,\emptyset} = \pi \cdot \frac{\phi^2}{4} \quad (8.8.)$$

$$n = \frac{A_{s,req}}{A_{s,\emptyset}} \quad (8.9.)$$

$$A_{s,skut} = n \cdot \pi \cdot \frac{\phi^2}{4} \quad (8.10.)$$

$$F_s = A_{s,skut} \cdot f_{yd} \quad (8.11.)$$

$$X = \frac{F_s}{0,8 \cdot \eta \cdot b \cdot f_{cd}} \quad (8.12.)$$

$$m_{Rd} = F_s \cdot (d - 0,4 \cdot X) \quad (8.13.)$$

Dosazení do výše uvedených vztahů:

$$\sigma_{cont} = \frac{V_{ed}}{A_{eff}} = \frac{6\,000}{30,15} = 199\,kPa$$

$$p = \sigma_{cont} \cdot b_y = 199 \cdot 1 = 199 \frac{kN}{m}$$

$$L = a + 0,15 \cdot b_s = 0,3 + 0,15 \cdot 0,3 = 0,345\,m$$

$$m_{Ed} = \frac{1}{2} \cdot p \cdot L^2 = \frac{1}{2} \cdot 199 \cdot 0,345^2 = 11,84 \frac{kNm}{m}$$

$$d_x = h - c_{nom} - \frac{\phi}{2} = 400 - 50 - \frac{8}{2} = 346\,mm$$

$$A_{s,req} = \frac{m_{Ed}}{0,9 \cdot \eta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{11,84 \cdot 10^3}{0,9 \cdot 1 \cdot 0,346 \cdot 434,783 \cdot 10^6} = 8,75 \cdot 10^{-5}\,m^2$$

$$A_{s,\emptyset} = \pi \cdot \frac{\phi^2}{4} = \pi \cdot \frac{0,008^2}{4} = 5,03 \cdot 10^{-5}\,m^2$$

$$n = \frac{A_{s,req}}{A_{s,\emptyset}} = \frac{8,75 \cdot 10^{-5}}{5,03 \cdot 10^{-5}} = 1,7 \Rightarrow \text{volím 10 ks (kvůli konstrukčním zásadám)}$$

$$A_{s,skut} = n \cdot \pi \cdot \frac{\phi^2}{4} = 10 \cdot \pi \cdot \frac{0,008^2}{4} = 5,03 \cdot 10^{-4}\,m^2$$

$$F_s = A_{s,skut} \cdot f_{yd} = 5,03 \cdot 10^{-4} \cdot 434,783 \cdot 10^6 = 218\,696\,N$$

$$X = \frac{F_s}{0,8 \cdot \eta \cdot b \cdot f_{cd}} = \frac{218\,696}{0,8 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 16,67 \cdot 10^6} = 0,018\,m$$

$$m_{Rd} = F_s \cdot (d - 0,4 \cdot X) = 218\,696 \cdot (0,346 - 0,4 \cdot 0,018) = 74\,025\,Nm/m$$

$$m_{Ed} = 11,84 \frac{kNm}{m} < m_{Rd} = 74,03 \frac{kNm}{m}$$

8.1.2.1 Konstrukční zásady

➤ Omezení výšky tlačené oblasti

Dle vzorce 3.16.:

$$\xi = \frac{X}{d} = \frac{0,018}{0,346} = 0,052 < \xi_{bal} = \frac{700}{700 + 434,783} = 0,617$$

Podmínka splněna.

➤ Maximální osová vzdálenost výztuže

Maximální osová vzdálenost prutů výztuže je dána vztahem 3.17 a skutečná osová vzdálenost prutů v základovém pásu je dána vztahem 8.14.:

$$s_{max} = \min \left\{ \frac{2 \cdot h}{250\,mm} \right\} = \min \left\{ \frac{2 \cdot 400}{250\,mm} \right\} = 250\,mm$$

$$s_{skut} = \frac{b_y}{n} = \frac{1000}{10} = 100 \text{ mm} \quad (8.14.)$$

$$s_{skut} = 100 \text{ mm} < s_{max} = 250 \text{ mm}$$

Podmínka splněna.

➤ Omezení množství tahové výztuže

Dle vztahů 3.13 až 3.15.:

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c = 0,04 \cdot 1000 \cdot 400 = 16\,000 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_y \cdot d \\ 0,0013 \cdot b_y \cdot d \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,26 \cdot \frac{2,6}{500} \cdot 1 \cdot 0,346 = 4,68 \cdot 10^3 \\ 0,0013 \cdot 1 \cdot 0,346 = 4,5 \cdot 10^3 \end{array} \right\} \text{ m}^2$$

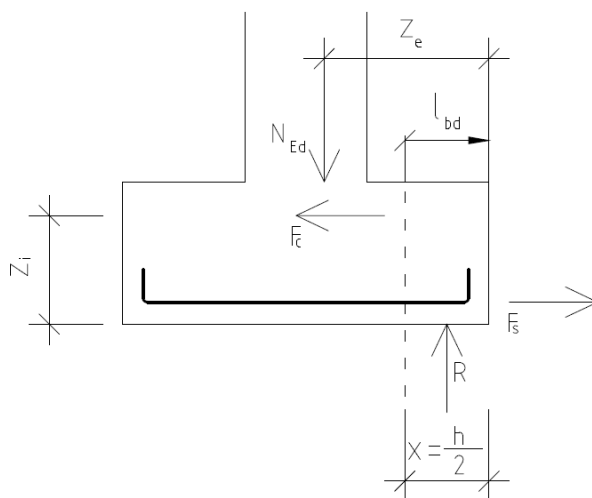
$$A_{s,min} = 468 < A_s = 503 < A_{s,max} = 16\,000$$

Podmínky splněny.

➤ Kotevní délka

Požadovaná kotevní délka příčné výztuže se počítá dle následujících vztahů.

Jednotlivé vstupní parametry jsou zobrazeny na obrázku 8.4.:



Obrázek 8.4 Schéma pro výpočet kotevní délky příčné výztuže.

$$z_i = d - 0,4 \cdot X \quad (8.15.)$$

$$z_e = \left(a - \frac{x}{2} \right) + 0,15 \cdot b_s \quad (8.16.)$$

$$R = \sigma_{cont} \cdot b_y \cdot x \quad (8.17.)$$

$$F_s = R \cdot \frac{z_e}{z_i} \quad (8.18.)$$

$$f_{yd,skut} = \sigma_{SD} = \frac{F_s}{A_{s,skut}} \quad (8.19.)$$

$$l_{brq,d} = \frac{\emptyset}{4} \cdot \frac{\sigma_{SD}}{f_{Bd}} \quad (8.20.)$$

$$f_{Bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} \quad (8.21.)$$

$$f_{ctd} = \frac{\alpha_{ct} \cdot f_{ctk,0,05}}{\gamma_c} \quad (8.1.)$$

Dosazení:

$$z_i = d - 0,4 \cdot X = 0,346 - 0,4 \cdot 0,018 = 0,339 \text{ m}$$

$$z_e = \left(a - \frac{x}{2}\right) + 0,15 \cdot b_s = \left(0,3 - \frac{0,2}{2}\right) + 0,15 \cdot 0,3 = 0,245 \text{ m}$$

$$R = \sigma_{cont} \cdot b_y \cdot x = 199 \cdot 1 \cdot 0,2 = 39,8 \text{ kN}$$

$$F_s = R \cdot \frac{z_e}{z_i} = 39,8 \cdot \frac{0,245}{0,339} = 28,76 \text{ kN}$$

$$f_{yd,skut} = \sigma_{SD} = \frac{F_s}{A_{s,skut}} = \frac{28,76 \cdot 10^3}{503} = 57,18 \text{ MPa}$$

$$f_{ctd} = \frac{\alpha_{ct} \cdot f_{ctk,0,05}}{\gamma_c} = \frac{1 \cdot 1,8}{1,5} = 1,2 \text{ MPa}$$

$$f_{Bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2,25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 = 2,7 \text{ MPa}$$

$$l_{bd,rqd} = \frac{\emptyset}{4} \cdot \frac{\sigma_{SD}}{f_{Bd}} = \frac{8}{4} \cdot \frac{57,18}{2,7} = 42,4 \text{ mm}$$

➤ Minimální kotevní délka

Dle 3.19.:

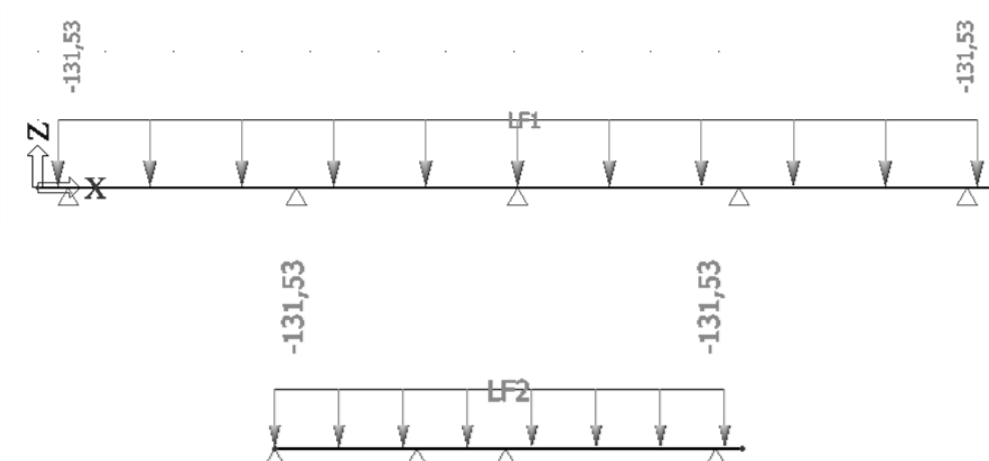
$$l_{bd,min} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,3 \cdot l_{bd,rqd} = 0,3 \cdot 0,0424 = 0,013 \\ 10 \cdot \phi = 10 \cdot 0,008 = 0,08 \\ 0,1 \end{array} \right\} \text{ m} = 0,1 \text{ m}$$

Zvolená kotevní délka:

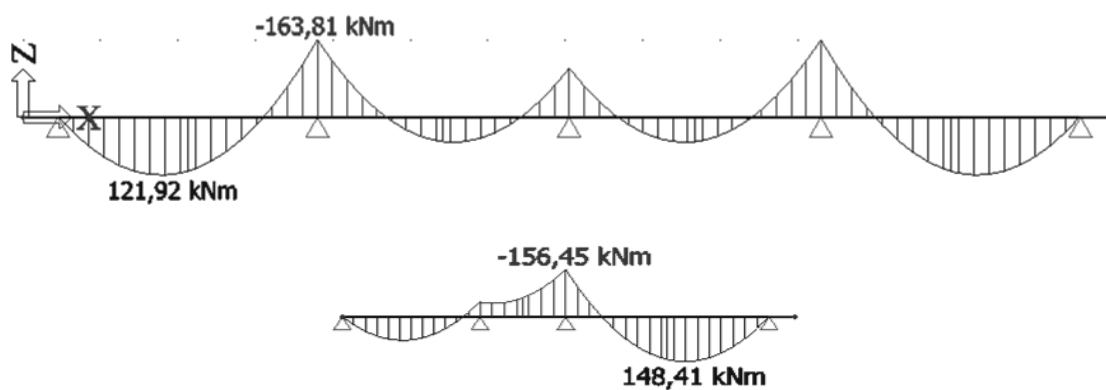
$$l_{bd} = x - c + 15 \cdot \phi = 200 - 50 + 15 \cdot 8 = 270 \text{ mm}$$

=> délka 120 mm zahnutí nahoru

8.1.3 Podélná výztuž



Obrázek 8.5 Zatížení od stěn na základových pásech.



Obrázek 8.6 Návrhové ohybové momenty na základových pásech.

Dimenzační moment pro dolní výztuž:

$$M_{Ed} = 148,41 \text{ kNm}$$

Dimenzační moment pro horní výztuž:

$$M_{Ed} = -163,81 \text{ kNm}$$

Horní výztuž - navrhuji $\varnothing 20$

Dosazení do vztahů 3.6 až 3.12.:

$$d = h - c - \frac{\varnothing_y}{2}$$

$$d = 400 - 50 - \frac{20}{2} = 340 \text{ mm} = 0,34 \text{ m}$$

$$A_{s,req} = \frac{M_{Ed}}{0,9 \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{163,81}{0,9 \cdot 0,34 \cdot 434,783 \cdot 10^3} = 1,23 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$n = \frac{A_{s,req} \cdot 4}{\pi \cdot \varnothing^2} = \frac{1,23 \cdot 10^{-3} \cdot 4}{\pi \cdot 0,02^2} = 3,9 \Rightarrow \text{navrhuji } 5 \text{ ks}$$

$$A_s = n \cdot \frac{\pi \cdot \emptyset^2}{4} = 5 \cdot \frac{\pi \cdot 20^2}{4} = 1,57 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

Návrh: 5 Ø 20 ($A_s = 1\,570 \text{ mm}^2$)

$$F_s = A_s \cdot f_{yd} = 1,57 \cdot 10^{-3} \cdot 434,783 \cdot 10^3 = 682,6 \text{ kN}$$

$$x = \frac{F_s}{0,8 \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cd}} = \frac{682,6 \cdot 10^3}{0,8 \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 16,67 \cdot 10^6} = 0,056 \text{ m}$$

$$M_{Rd} = F_s \cdot (d - 0,4 \cdot x) = 682,6 \cdot 10^3 \cdot (0,34 - 0,4 \cdot 0,056) = 216\,793 \text{ Nm}$$

$$M_{Rd} = 216,793 \text{ kNm} > M_{Ed} = 163,81 \text{ kNm}$$

Konstrukce vyhovuje pro dané zatížení.

Dolní výztuž - navrhuji Ø 20

$$d = h - c - \emptyset_x - \frac{\emptyset_y}{2} = 400 - 50 - 8 - \frac{20}{2} = 332 \text{ mm} = 0,332 \text{ m}$$

$$A_{s,req} = \frac{M_{Ed}}{0,9 \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{148,41}{0,9 \cdot 0,332 \cdot 434,783 \cdot 10^3} = 11,4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$n = \frac{A_{s,req} \cdot 4}{\pi \cdot \emptyset^2} = \frac{11,4 \cdot 10^{-4} \cdot 4}{\pi \cdot 0,020^2} = 3,6 \Rightarrow \text{navrhuji 5 ks}$$

$$A_s = n \cdot \frac{\pi \cdot \emptyset^2}{4} = 6 \cdot \frac{\pi \cdot 0,020^2}{4} = 1,57 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

Návrh: 5 Ø 20 ($A_s = 1\,570 \text{ mm}^2$)

$$F_s = A_s \cdot f_{yd} = 1,57 \cdot 10^{-3} \cdot 434,783 \cdot 10^3 = 682,6 \text{ kN}$$

$$x = \frac{F_s}{0,8 \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cd}} = \frac{682,6 \cdot 10^3}{0,8 \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 16,67 \cdot 10^6} = 0,056 \text{ m}$$

$$M_{Rd} = F_s \cdot (d - 0,4 \cdot x) = 682,6 \cdot 10^3 \cdot (0,332 - 0,4 \cdot 0,056) = 211\,190 \text{ Nm}$$

$$M_{Rd} = 211,19 \text{ kNm} > M_{Ed} = 148,41 \text{ kNm}$$

Konstrukce vyhovuje pro dané zatížení.

8.1.3.1 Konstrukční zásady

➤ Omezení množství tahové výztuže

Dle vzorců 3.13 až 3.15.:

	$A_{s,min} [\text{mm}^2]$		$A_{s,kut} [\text{mm}^2]$		$A_{s,max} [\text{mm}^2]$	posudek
horní	414	<	1885	<	5400	SPLNĚNO
dolní	404		1885			

Tabulka 8.1 Ověření ploch výztuží pro horní a dolní výztuž.

Podmínky splněny.

➤ **Omezení výšky tlačené oblasti**

Dle vzorce 3.16.:

	X/d		ξ_{bal}	posudek
horní	0,201	<	0,617	SPLNĚNO
dolní	0,206			SPLNĚNO

Tabulka 8.2 Ověření poměru X/d pro horní a dolní výztuž.*Podmínky splněny.*➤ **Maximální osová vzdálenost výztuže**

Dle vzorce 3.17:

	s		s_{max}	posudek
horní	156	<	250	SPLNĚNO
dolní	156			SPLNĚNO

Tabulka 8.3 Ověření maximální osově vzdálenosti pro pruty horní a dolní výztuže.

Podmínky splněny.➤ **Minimální (světlá) vzdálenost výztuže**

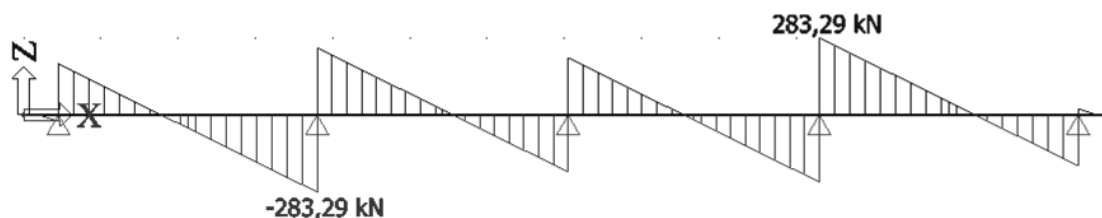
Dle vzorce 3.18.:

	s_{skut}		s_{min}	posudek
horní	136	>	21	SPLNĚNO
dolní	136			SPLNĚNO

Tabulka 8.4 Ověření minimální osově vzdálenosti pro pruty horní a dolní výztuže.

Podmínky splněny.➤ **Kotevní délka**

Kotevní délky pro všechny použité průměry výztuží jsou uvedeny v tabulce č. 3.16.

8.1.4 Smyková výztuž

Obrázek 8.7 Průběh posouvajících sil na základovém páse.

Návrhová posouvající síla:

$$V_{Ed} = 283,29 \text{ k}$$

Návrh svislých třmínků: **5 x Ø8/100**

Dosazení do vztahů 5.8. až 5.13.:

$$z = 0,9 \cdot d = 0,9 \cdot 0,34 = 0,306 \text{ m}$$

$$A_{sw} = n \cdot \pi \cdot \frac{\emptyset^2}{4} = 5 \cdot \pi \cdot \frac{0,008^2}{4} = 2,51 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$V_{Rd,s} = A_{sw} \cdot \frac{1,0}{s_l} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta = 2,51 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{1,0}{0,1} \cdot 0,306 \cdot 434,873 \cdot 10^3 \cdot 1$$

$$V_{Rd,s} = 334 \text{ kN}$$

$$v_1 = 0,6 \cdot \left[1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0,6 \cdot \left[1 - \frac{25}{250} \right] = 0,54$$

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot \frac{f_{cd}}{\cot \theta \cdot \tan \theta} = 1 \cdot 0,9 \cdot 0,306 \cdot 0,54 \cdot \frac{16,67 \cdot 10^3}{1 \cdot 1}$$

$$V_{Rd,max} = 2\,479 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \min\{V_{Rd,s}; V_{Rd,max}\} = \min\{334; 2\,479\} = 334 \text{ kN}$$

Posudek:

$$V_{Ed} = 283,29 \text{ kN} \leq V_{Rd} = 334 \text{ kN}$$

Konstrukce vyhovuje pro dané zatížení.

8.1.4.1 Konstrukční zásady pro smykovou výztuž

➤ Minimální stupeň smykového vyztužení:

Dle vztahu 5.14.:

$$\rho_{sw} = \frac{A_{sw}}{s_l \cdot b_w \cdot \sin \alpha} \geq \rho_{sw,min} = \frac{0,08 \cdot f_{ck}}{f_{yk}}$$

$$\rho_{sw} = \frac{3,93 \cdot 10^{-4}}{0,1 \cdot 0,9 \cdot \sin(90)} = 4,37 \cdot 10^{-3} \geq \rho_{sw,min} = \frac{0,08 \cdot f_{ck}}{f_{yk}} = \frac{0,08 \cdot \sqrt{25}}{500} = 8 \cdot 10^{-4}$$

Podmínka splněna.

➤ Max příčná osová vzdálenost mezi větvemi třmínků:

Dle vztahu 5.15.:

$$s_t \leq s_{t,max} = \min \left\{ \frac{0,75 \cdot d \cdot (1 + \cot \alpha)}{600 \text{ mm}} \right\}$$

$$s_t = 215 \text{ mm} \leq s_{t,max} = \min \left\{ \frac{0,75 \cdot 340 \cdot 1}{600 \text{ mm}} \right\} = 255 \text{ mm}$$

Podmínka splněna.

➤ **Max podélná vzdálenost mezi třmínky**

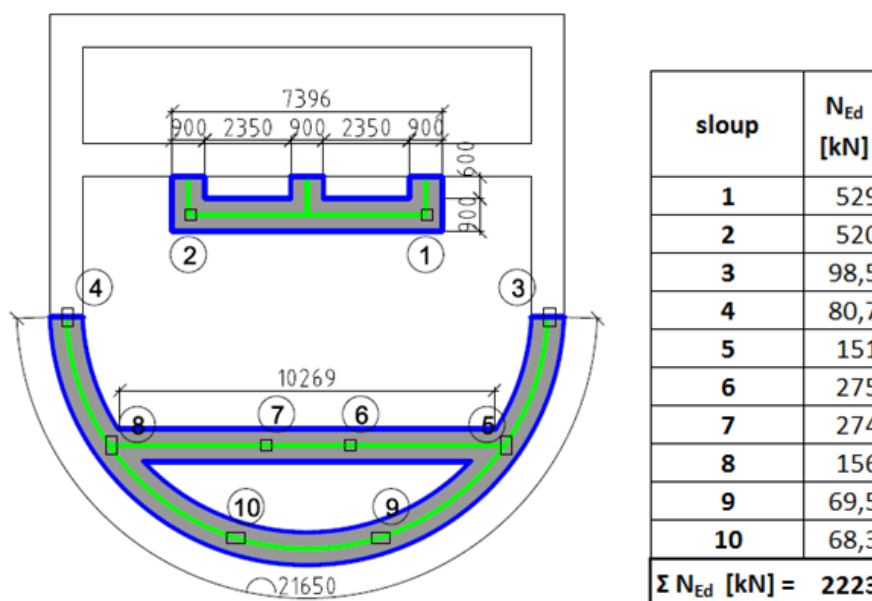
Dle vztahu 5.16.:

$$s_b \leq s_{b,max} = 0,6 \cdot d \cdot (1 + \cot \alpha)$$

$$s_b = 100 \text{ mm} \leq s_{b,max} = 0,6 \cdot d \cdot 1 = 0,6 \cdot 340 = 204 \text{ mm}$$

Podmínka splněna.

8.2 Základové pásy pod sloupy



Obrázek 8.8 Schéma základových pásů pod sloupy s označením sloupů a jejich normálovou silou.

8.2.1 Zatížení

Zatížení na základovou půdu se skládá ze zatížení od normálových ve sloupech a vlastní tíhy základových pásů. Údaje, potřebné pro výpočet:

- délka osy základových pásů (viz obrázek 7.8 - zelená čára): $l = 40,5 \text{ m}$
- rozměry základových pásů: $0,9 \times 0,4 \text{ m}$
- celková plocha základových pásů pod stěnami: $A_{eff} = 35,2 \text{ m}^2$

$$V_{sloupů} = 2\,223 \text{ kN}$$

$$V_{pásů} = l \cdot b \cdot h \cdot \gamma \cdot \gamma_g = 40,5 \cdot 0,9 \cdot 0,4 \cdot 25 \cdot 1,35 = 492 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 2\,223 + 492 = 2\,715 \text{ kN}$$

8.2.2 Příčná výztuž

Dosazení do vztahů 8.1. až 8.13.:

$$\sigma_{cont} = \frac{V_{ed}}{A_{eff}} = \frac{2\,715}{35,2} = 77 \text{ kPa}$$

$$p = \sigma_{cont} \cdot b_y = 77 \cdot 1 = 77 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$L = a + 0,15 \cdot b_s = 0,3 + 0,15 \cdot 0,3 = 0,345 \text{ m}$$

$$m_{Ed} = \frac{1}{2} \cdot p \cdot L^2 = \frac{1}{2} \cdot 77 \cdot 0,345^2 = 4,58 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

$$d_x = h - c_{nom} - \frac{\phi}{2} = 400 - 50 - \frac{8}{2} = 346 \text{ mm}$$

$$A_{s,req} = \frac{m_{Ed}}{0,9 \cdot \eta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{4,58 \cdot 10^3}{0,9 \cdot 1 \cdot 0,346 \cdot 434,783 \cdot 10^6} = 3,38 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$A_{s,\emptyset} = \pi \cdot \frac{\phi^2}{4} = \pi \cdot \frac{0,008^2}{4} = 5,03 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$n = \frac{A_{s,req}}{A_{s,\emptyset}} = \frac{3,38 \cdot 10^{-5}}{5,03 \cdot 10^{-5}} = 0,7 \Rightarrow \text{volím 10 ks (kvůli konstrukčním zásadám)}$$

$$A_{s,skut} = n \cdot \pi \cdot \frac{\phi^2}{4} = 10 \cdot \pi \cdot \frac{0,008^2}{4} = 5,03 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$F_s = A_{s,skut} \cdot f_{yd} = 5,03 \cdot 10^{-4} \cdot 434,783 \cdot 10^6 = 218\,696 \text{ N}$$

$$X = \frac{F_s}{0,8 \cdot \eta \cdot b \cdot f_{cd}} = \frac{218\,696}{0,8 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 16,67 \cdot 10^6} = 0,018 \text{ m}$$

$$m_{Rd} = F_s \cdot (d - 0,4 \cdot X) = 218\,696 \cdot (0,346 - 0,4 \cdot 0,018) = 74\,025 \text{ Nm/m}$$

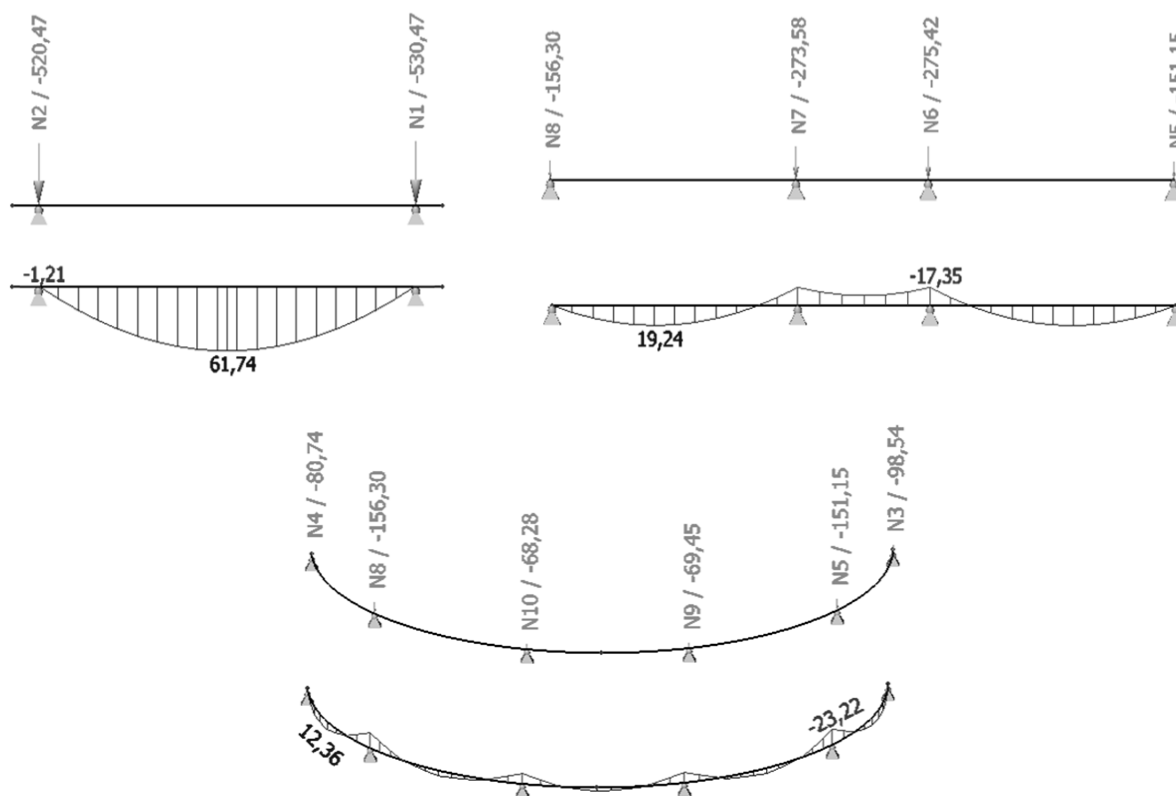
$$m_{Ed} = 4,58 \frac{\text{kNm}}{\text{m}} < m_{Rd} = 74,03 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

Konstrukce vyhovuje pro dané zatížení.

Navržená příčná výztuž základových pásů pod sloupy je shodná s výztuží základových pásů pod stěnami a bude kotvena stejnou délkou. Konstrukční zásady jsou ověřeny v kapitole 8.1.4.1.

8.2.3 Podélná výztuž

Byly vytvořeny jednoduché modely základových pásů pod sloupy v programu Scia Engineer, viz obrázek 8.9. Pásky jsou zatíženy svou vlastní tíhou a sloupy. Síly na obrázku 8.9 jsou označeny čísly, jenž odpovídá číslování jednotlivých sloupů viz obrázek 8.8. Podélná výztuž bude ve všech základových pásech pod sloupy shodná, navržená na maximální hodnotu kladného a záporného momentu.



Obrázek 8.9 Ohybové momenty na jednotlivých základových pásech pod sloupy.

Dimenzační moment pro dolní výztuž:

$$M_{Ed} = 61,74 \text{ kNm}$$

Dimenzační moment pro horní výztuž:

$$M_{Ed} = -23,22 \text{ kNm}$$

Návrh pro horní i dolní výztuž: 5 x Ø 12

Údaje pro navrženou výztuž vypočítané dle vzorců 3.6. až 3.12.:

rozměry		M_{Ed}	\varnothing výztuže	d	$A_{s,req}$	A_s, \varnothing	n	n	A_s	F_s	x	M_{Rd}	M_{Ed}/M_{Rd}
[mm]		[kNm]	[mm]	[m]	[m ²]			[ks]	[m ²]	[kN]	[m]	[kNm]	[%]
b	900	-23,22	12	0,344	0,00017	0,00011	1,52523	5	0,00057	245,86	0,020	82,56	28
h	400	61,74	12	0,336	0,00047	0,00011	4,15203	5	0,00057	245,86	0,020	80,60	77

Tabulka 8.5 Výpočet ohybové únosnosti horní a dolní výztuž s uvedením procentuálního využití.

8.2.3.1 Konstrukční zásady

➤ Omezení množství tahové výztuže

Dle vzorců 3.13 až 3.15.:

	$A_{s,min} [mm^2]$		$A_{s,skut} [mm^2]$		$A_{s,max} [mm^2]$	posudek
horní	419	<	565	<	5400	SPLNĚNO
dolní	409		565			

Tabulka 8.6 Ověření ploch horní a dolní výztuže.

Podmínky splněny.

➤ Omezení výšky tlačené oblasti

Dle vzorce 3.16.:

	X/d		ξ_{bal}	posudek
horní	0,060	<	0,617	SPLNĚNO
dolní	0,061			SPLNĚNO

Tabulka 8.7 Ověření poměru X/d pro horní a dolní výztuž.

Podmínky splněny.

➤ Maximální osová vzdálenost výztuže

Maximální osová vzdálenost prutů výztuže je dána vztahem 3.17. a pro skutečnou osovou vzdálenost prutů v základu platí stejně jako u trámů vztah 5.2.

	s		s_{max}	posudek
horní	195	<	250	SPLNĚNO
dolní	195			SPLNĚNO

Tabulka 8.8 Ověření osových vzdáleností prutů horní a dolní výztuže.

Podmínky splněny.

➤ Minimální světlá vzdálenost prutů

Minimální světlá vzdálenost prutů výztuže je dána vztahem 3.18. a skutečná vzdálenost prutů v trámu je dána vztahem 5.3.

	s_{skut}		s_{min}	posudek
horní	185	>	21	SPLNĚNO
dolní	185			SPLNĚNO

Tabulka 8.9 Ověření minimálních světlých vzdáleností prutů horní a dolní výztuže.

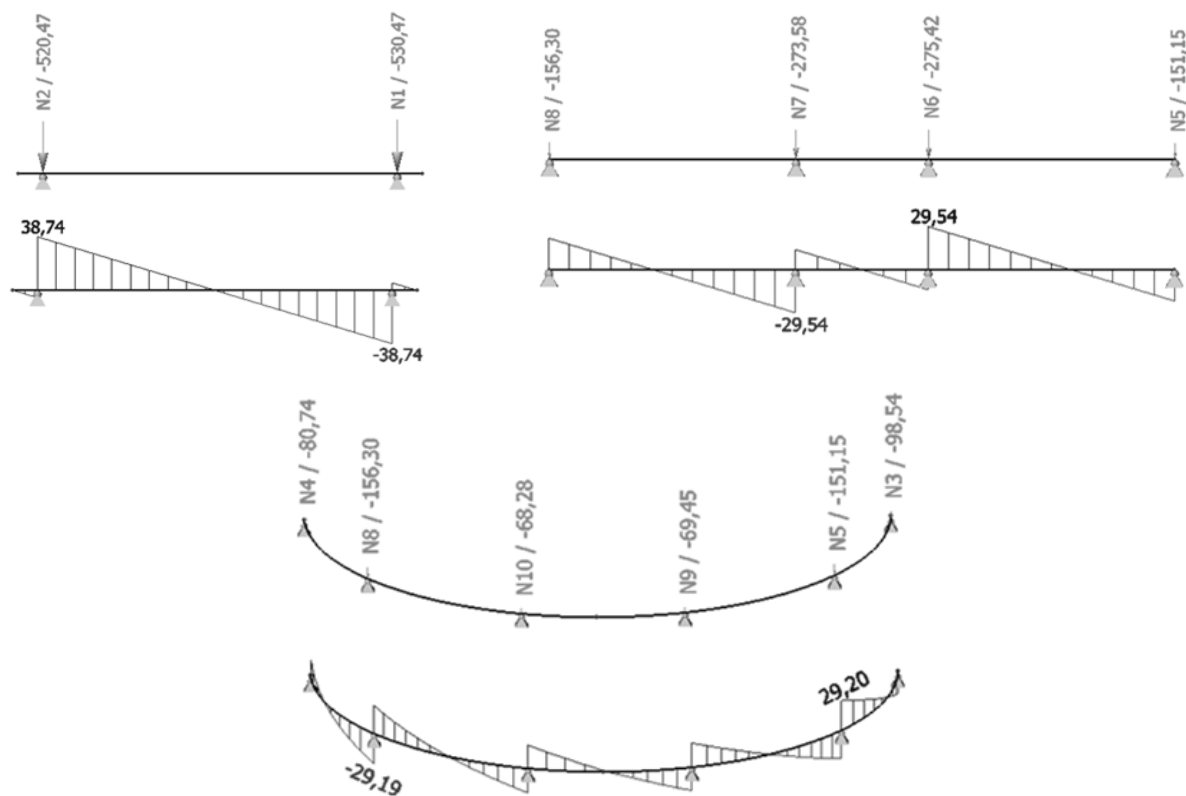
Podmínky splněny.

➤ Kotevní délka

Kotevní délky pro všechny použité průměry výztuží jsou uvedeny v tabulce č. 3.16.

8.2.4 Smyková výztuž

Jak je vidět na obrázku 8.10, nejsou posouvající síly na pásech pod sloupy velké. Smyková výztuž je z důvodu konstrukčních zásad navržena obdobná jako pro základové pásy pod stěnami. S tím rozdílem, že vzdálenost výztužných třmínků po délce pásů bude zvětšena ze 100 mm na 150 mm.



Obrázek 8.10 Posouvající síly na jednotlivých základových pásech pod sloupy.

Návrhová posouvající síla:

$$V_{Ed} = 38,74 \text{ kN}$$

Návrh svislých třmínků: **5 x Ø 8/150**

Dosazení do vztahů XY:

$$z = 0,9 \cdot d = 0,9 \cdot 0,344 = 0,3096 \text{ m}$$

$$A_{sw} = n \cdot \pi \cdot \frac{\varnothing^2}{4} = 5 \cdot \pi \cdot \frac{0,008^2}{4} = 2,51 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$V_{Rd,s} = A_{sw} \cdot \frac{1,0}{s_l} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta = 2,51 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{1,0}{0,15} \cdot 0,3096 \cdot 434,873 \cdot 10^3 \cdot 1$$

$$V_{Rd,s} = 225,3 \text{ kN}$$

$$v_1 = 0,6 \cdot \left[1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0,6 \cdot \left[1 - \frac{25}{250} \right] = 0,54$$

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot \frac{f_{cd}}{\cot \theta \cdot \tan \theta} = 1 \cdot 0,9 \cdot 0,3096 \cdot 0,54 \cdot \frac{16,67 \cdot 10^3}{1 \cdot 1}$$

$$V_{Rd,max} = 2\,508 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \min\{V_{Rd,s}; V_{Rd,max}\} = \min\{225,3; 2\,508\} = 225,3 \text{ kN}$$

Posudek:

$$V_{Ed} = 38,74 \text{ kN} \leq V_{Rd} = 225,3 \text{ kN}$$

Konstrukce vyhovuje pro dané zatížení.

8.2.4.1 Konstrukční zásady pro smykovou výztuž

➤ Minimální stupeň smykového vyztužení:

Dle vztahu 5.14.:

$$\rho_{sw} = \frac{A_{sw}}{s_l \cdot b_w \cdot \sin \alpha} \geq \rho_{sw,min} = \frac{0,08 \cdot f_{ck}}{f_{yk}}$$

$$\rho_{sw} = \frac{3,93 \cdot 10^{-4}}{0,15 \cdot 0,9 \cdot \sin(90)} = 2,91 \cdot 10^{-3} \geq \rho_{sw,min} = \frac{0,08 \cdot f_{ck}}{f_{yk}} = \frac{0,08 \cdot \sqrt{25}}{500} = 8 \cdot 10^{-4}$$

Podmínka splněna.

➤ Max příčná osová vzdálenost mezi větvemi třmínků:

Dle vztahu 5.15:

$$s_t \leq s_{t,max} = \min \left\{ \frac{0,75 \cdot d \cdot (1 + \cot \alpha)}{600 \text{ mm}} \right\}$$

$$s_t = 215 \text{ mm} \leq s_{t,max} = \min \left\{ \frac{0,75 \cdot 344 \cdot 1}{600 \text{ mm}} \right\} = 251 \text{ mm}$$

Podmínka splněna.

➤ Max podélná vzdálenost mezi třmínky

Dle vztahu 5.16.:

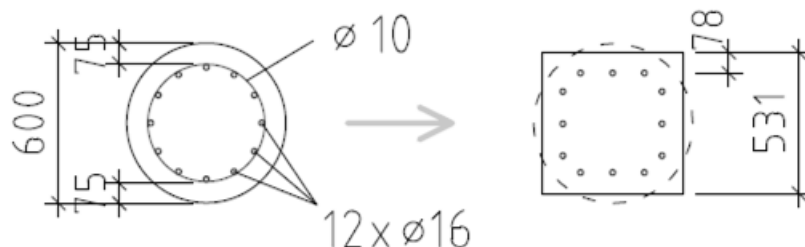
$$s_b \leq s_{b,max} = 0,6 \cdot d \cdot (1 + \cot \alpha)$$

$$s_b = 150 \text{ mm} \leq s_{b,max} = 0,6 \cdot d \cdot 1 = 0,6 \cdot 344 = 206 \text{ mm}$$

Podmínka splněna.

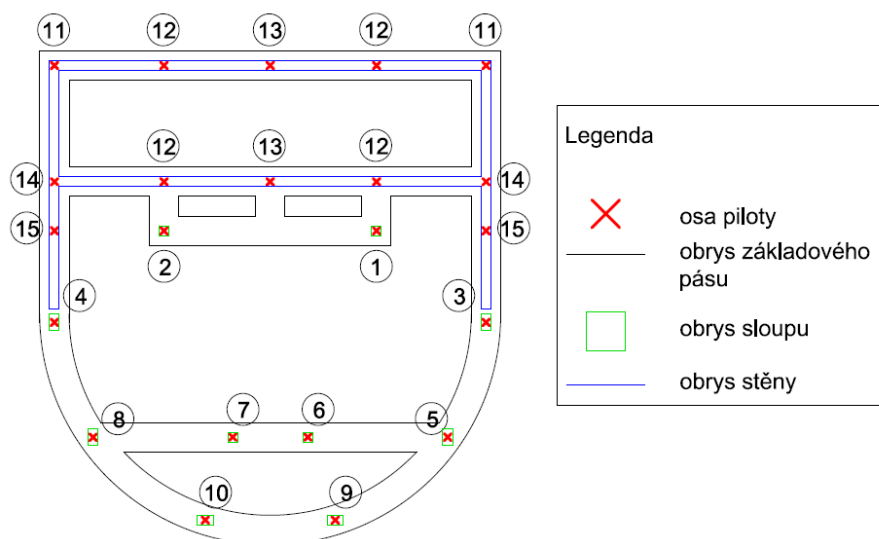
9 PILOTY

Objekt je založen na monolitických vrtaných pilotách. Průřez takovýchto pilot je samozřejmě kruhový. Pro výpočet únosnosti pilot byl však zjednodušeně uvažován průřez čtvercový, dle následujícího zjednodušení [5]:



Obrázek 9.1 Způsob zjednodušení kruhového průřezu na čtvercový.

Piloty pod základovými pásy jsou rozmístěny dle obrázku 7.1. a pro účely výpočtů byly piloty očíslovány. Číslování může působit nesystematicky, ale čísla prvních deseti pilot byla volena dle čísel příslušných sloupů na obrázku 5.1.

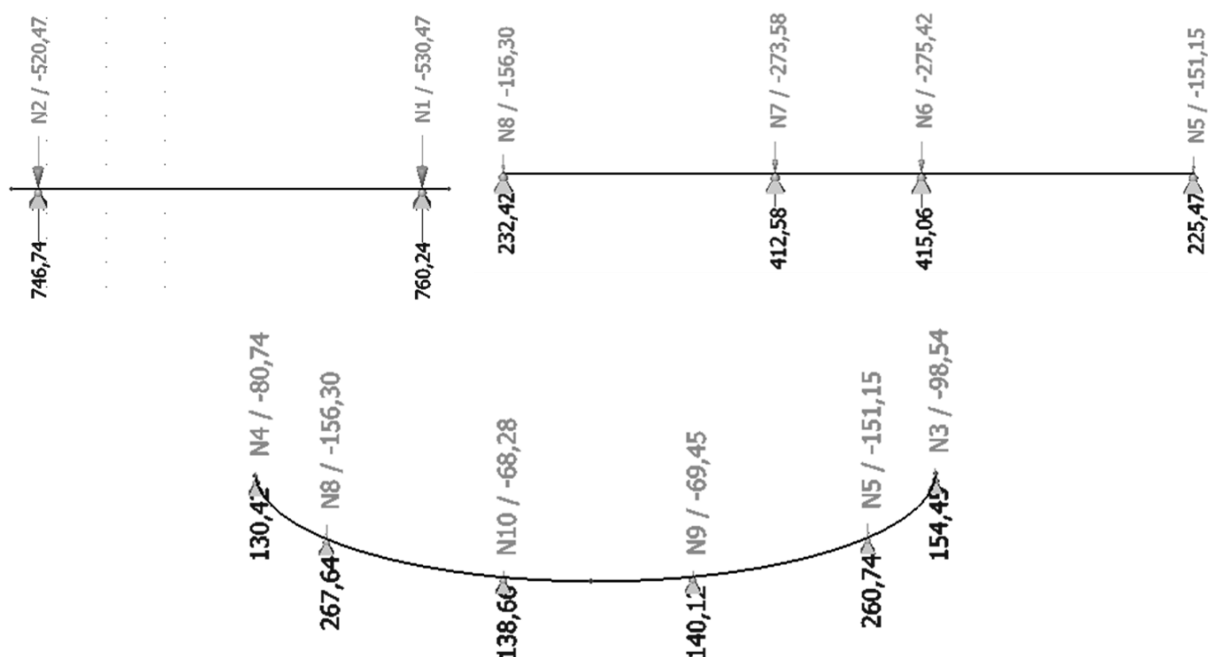


Obrázek 9.2 Schéma umístění a označení pilot.

9.1 Zatížení

9.1.1 Piloty pod sloupy

Zatížení normálovou silou na jednotlivé piloty pod sloupy je součet normálové síly z příslušného sloupu a také tíhy základového pásu z roznášecí šířky pro příslušnou pilotu.



Obrázek 9.3 Zatížení pilot od sloupů a od tíhy základových pásů.

Jelikož byly základové pásy modelované zvlášť je třeba normálovou sílu v pilotách č. 8 a 5 upravit. Z obrázku 9.2 je patrné, že tyto dvě piloty přenášejí část tíhy ze dvou základových pásů. Vyskytují se tedy dvakrát v modelech na obrázku 9.3.

Normálová síla se upraví tak, že se hodnoty reakcí z obou modelů sečtou a odečte se hodnota zatížení ze sloupu, vynásobena součinitelem pro stálé zatížení. Výpočty jsou uvedeny v následujících vztazích:

$$N_{Ed,8} = R_{8,1} + R_{8,1} - N_8 \cdot \gamma_g \quad (9.1.)$$

$$N_{Ed,8} = 267,64 + 232,42 - 156,3 \cdot 1,35 = 289,06 \text{ kN}$$

$$N_{Ed,5} = R_{5,1} + R_{5,1} - N_5 \cdot \gamma_g \quad (9.2.)$$

$$N_{Ed,5} = 260,74 + 225,47 - 151,15 \cdot 1,35 = 282,16 \text{ kN}$$

Navíc je zapotřebí upravit hodnotu v pilotě č. 3 a 4, jelikož ty nesou nejen sloup ale také část obvodové zdi. Tyto piloty se vyskytují v modelech jak pro piloty pod sloupy tak pod stěnami. Návrhová normálová síla se vypočítá jednoduše součtem hodnot reakce od sloupu a základového pásu pod sloupy (viz obrázek 9.3) s reakcí od stěny a základového pásu pod stěnami (viz obrázek 9.4).

$$N_{Ed,3} = R_{3,1} + R_{3,2} \quad (9.3.)$$

$$N_{Ed,3} = 154,45 + 148,1 = 302,55 \text{ kN}$$

$$N_{Ed,4} = R_{4,1} + R_{4,2} \quad (9.4.)$$

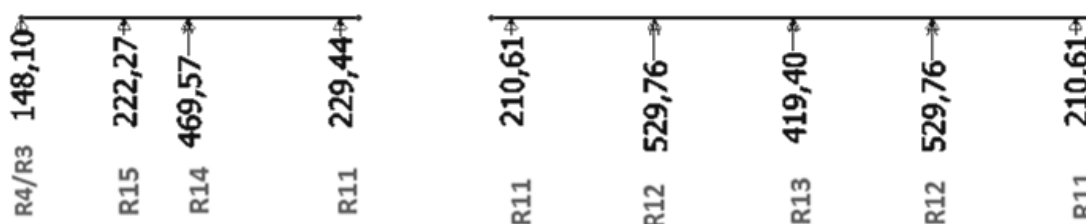
$$N_{Ed,4} = 130,42 + 148,1 = 278,52 \text{ kN}$$

Co se týče ohybového momentu v pilotě, byla uvažována nepřesnost návaznosti sloupu na pilotu. Tato nepřesnost při výstavbě byla odhadnuta na maximální hodnotu excentricity 100 mm. Tudíž návrhový ohybový moment byl pro jednotlivé piloty spočítán vztahem:

$$M_{Ed,i} = N_{Ed,i} \cdot e \quad (9.5.)$$

9.1.2 Piloty pod stěnami

Byly vytvořeny dva modely základových pásů, průběh jejich vnitřních sil je vyobrazen na obrázcích 8.9. a 8.10. Hodnoty reakcí odpovídají normálové síle v pilotách. Označení reakcí se shoduje s číslem pilot, ve kterých působí.



Obrázek 9.4 Zatížení pilot od stěn a základových pásů.

Stejně jako u pilot č. 3, 4, 5 a 8 je nutné spočítat zatížení na pilotu č. 11, jelikož je rohová a objevuje se v obou schématech. Normálová síla v pilotě č. 11 se rovná součtu hodnot reakcí z obou modelů (viz obrázek 9.4).

$$N_{Ed,11} = R_{11,1} + R_{11,2} = 229,44 + 210,61 = 440,05 \text{ kN}$$

9.2 Návrh a posouzení

Návrh:

průměr piloty: 600 mm

délka piloty: 5 m

průměr podélné výztuže: 16 mm

počet prutů po obvodu: 12 mm

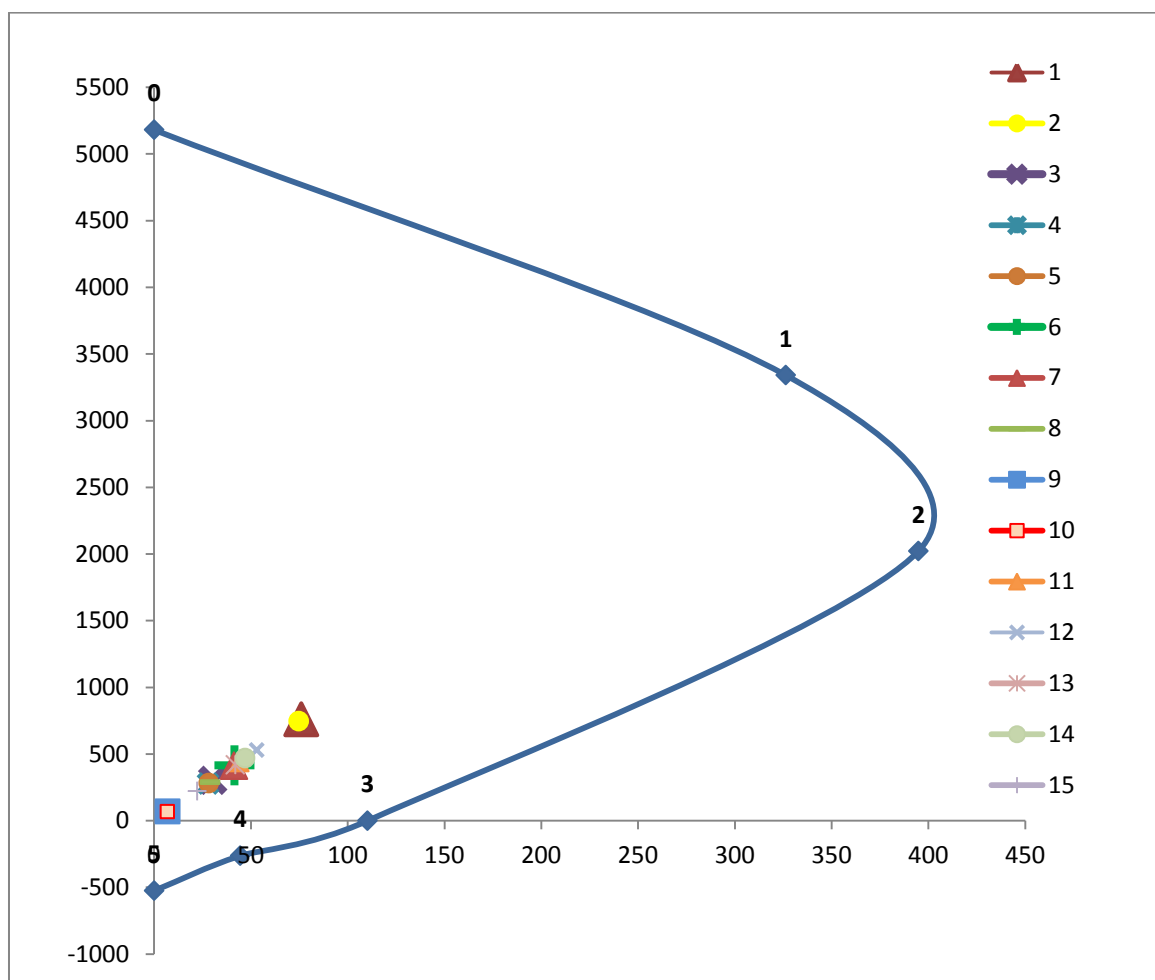
krycí vrstva: 75 mm

Posouzení:

Posudek je shodný s posudkem sloupů, tedy interakčním diagramem. Pro výpočet byly použity vztahy 6.18. až 6.38.

pilota	zatížení v hlavě		rozměry piloty		výztuž [mm]			bod 0		bod 1		bod 2		bod 3		bod 4		bod 5	
	N_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]	b [mm]	h [mm]	počet	hlavní	třmínky	$N_{Rd,0}$ [kN]	$M_{Rd,0}$ [kNm]	$N_{Rd,1}$ [kN]	$M_{Rd,1}$ [kNm]	$N_{Rd,2}$ [kN]	$M_{Rd,2}$ [kNm]	$N_{Rd,3}$ [kN]	$M_{Rd,3}$ [kNm]	$N_{Rd,4}$ [kN]	$M_{Rd,4}$ [kNm]	$N_{Rd,5}$ [kN]	$M_{Rd,5}$ [kNm]
1	760,24	76,024	531	x	3x	16	10	5181,90	0,00	3342,05	326,25	2022,38	394,77	0,00	110,20	-262,25	44,45	-524,51	0,00
2	746,74	74,674																	
3	302,55	30,255																	
4	278,52	27,852																	
5	282,16	28,216																	
6	415,06	41,506																	
7	412,58	41,258																	
8	289,06	28,906																	
9	69,45	6,945																	
10	68,28	6,828																	
11	440,05	44,005																	
12	529,76	52,976																	
13	419,4	41,94																	
14	469,57	46,957																	
15	222,27	22,227																	

Tabulka 9.1 Výpočet bodů interakčního diagramu pro všechny piloty.



Obrázek 9.5 Interakční diagram pilot.

Konstrukce vyhovuje pro dané zatížení.

9.3 Konstrukční zásady

➤ **Minimální profil betonářské výztuže**

$$\emptyset \geq \emptyset_{min} = 16 \text{ mm} \quad (9.6.)$$

$$\emptyset = 16 \geq \emptyset_{min} = 16 \text{ mm}$$

Podmínka splněna.

➤ **Minimální počet podélných prutů**

$$n \geq n_{min} = 6 \text{ ks} \quad (9.7.)$$

$$n = 12 \geq n_{min} = 6 \text{ ks}$$

Podmínka splněna.

➤ **Maximální vzdálenost po obvodě**

$$s_s \geq s_{s,max} = 200 \text{ mm} \quad (9.8.)$$

$$s_s = \frac{o}{n} = \frac{1382}{12} = 115 \text{ mm} \geq s_{s,max} = 200 \text{ mm}$$

Podmínka splněna.

➤ **Minimální plocha podélné výztuže**

pro $A_c < 0,5 \text{ m}^2$ ($A_c = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot 0,3^2 = 0,28 \text{ m}^2$)

$$A_s \geq A_{s,min} = 0,005 \cdot A_c \quad (9.9.)$$

$$A_s = n \cdot \pi \cdot \frac{\emptyset^2}{4} = 12 \cdot \pi \cdot \frac{0,016^2}{4} = 2,413 \cdot 10^{-3} \geq A_{s,min} = 0,005 \cdot A_c = 1,4 \cdot 10^{-3}$$

Podmínka splněna.

10 ZÁVĚR

Cílem bylo navrhnout a posoudit nosnou železobetonovou konstrukci objektu kavárny. Byl zpracován návrh a posudek stropních desek, schodiště, stropních průvlaků, sloupů, zdí a základových pásů s pilotami. Všechny navržené konstrukce vyhovují mezním stavům únosnosti a použitelnosti dle platných norem. Byly ověřeny také konstrukční zásady a zpracovány výkresy.

ZDROJE

Normy

- [1] ČSN EN 1991 Eurokód 1: *Zatížení stavebních konstrukcí*. Praha: ČNI, 2010.
- [2] ČSN EN 1992 - 1 - Eurokód 2: *Navrhování betonových konstrukcí, Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: ČNI, 2011.
- [3] ČSN EN 1990 Eurokód: *Zásady navrhování konstrukcí*. 2. Praha: ČNI, 2011.

Internetové zdroje

- [4] STATIK ZNALEC. Orientační rozměry průřezů železobetonových prvků pozemních staveb [online]. Dostupné z: <http://www.statik-znalec.cz/news/orientacni-rozmary-prurezu-zelezobetonovych-prvku-pozemnich-staveb/>
- [5] SFV ČVUT. Návrh a ověření betonové opřené piloty zatížené v hlavě kombinací sil [online]. <http://people.fsv.cvut.cz/~drahomic/Pomucky/Vzor/B03D-Pr2.pdf>
- [6] KNIHOVNA TĚŠÍN. Avionoviny [online]. http://www.knihovnatesin.cz/app/webroot/files/files/avion_noviny_prvnicislo.pdf
- [7] NOIVA-TĚŠÍN. Historie a současnost [online]. <http://www.noiva-tesin.cz/?p=historie>

Jiné

- [8] Projektová realizační dokumentace kavárny Avion, Český Těšín, 2009

PŘÍLOHY

Příloha 1 - Výřezy z výkresů projektové dokumentace

Příloha 2 - Výpisy kombinací z programu Scia Engineer

Příloha 3 - Výkresová část